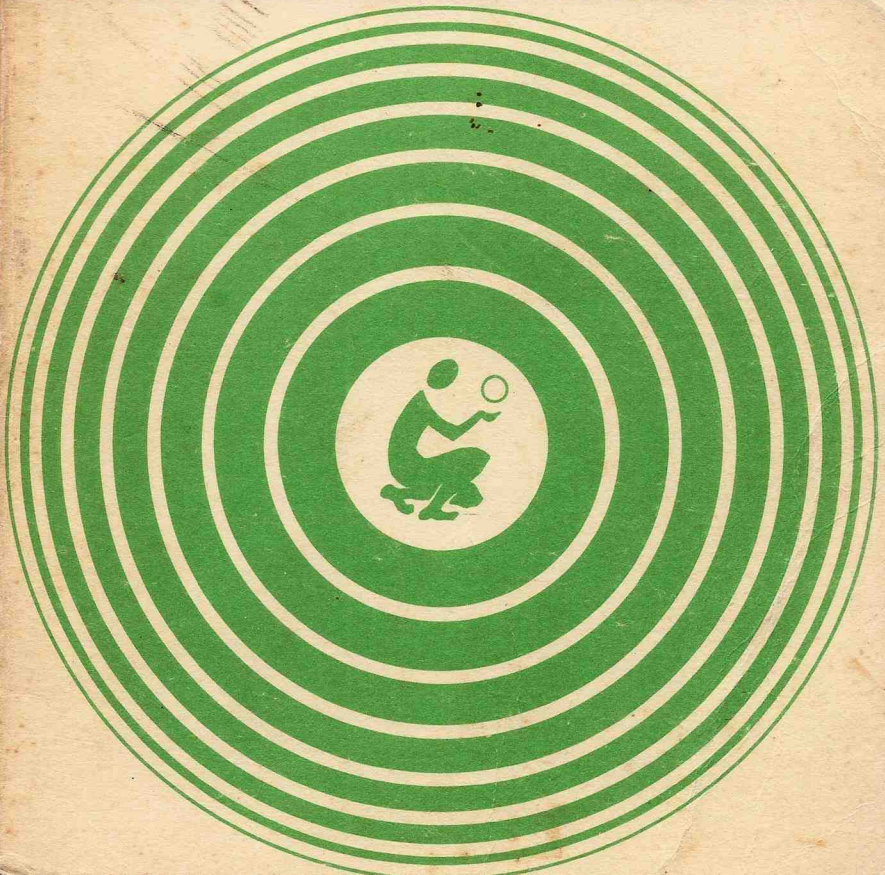
ȘTIINȚA PENTRU TOȚI

11

LAURA MĂRGINEANU

Planta verde și rolul ei în natură



Știința pentru toți

Cunoștințe despre univers

M2 138

COLECȚIA „ȘTIINȚA PENTRU TOȚI"
apare sub egida
CONSILIULUI NAȚIONAL
AL
FRONTULUI UNITĂȚII SOCIALISTE

LAURA MĂRGINEANU

Planta verde și rolul ei în natură

EDITURA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ENCICLOPEDICĂ
București, 1977

Coperta colecției: EUGEN KERRY

Redactor: DOINA ELENA CIOACĂ

Tehnoredactor: CONSTANTIN IORDACHE

PLANTELE — O LUME PLINĂ DE MISTER!

Cine nu și-a încîntat ochii cu verdele crud al primăverii, cu tonurile galbene-ruginii ale toamnei, cu auriul holdelor bogate! Și cine n-a ascultat vrăjit foșnetul tainic al pădurii! Plantele sînt acelea care înfrumusețează munții și cîmpiile, cît vezi cu ochii, ele dau roadele mănoase ale lanurilor întinse și ale livezilor, desfătîndu-se totodată cu mulțimea de culori cu care împestrițează întreaga natură. Primăvara, cînd se petrece o adevărată explozie vegetală, verdele proaspăt al frunzelor și lăstarilor ne vestește viața nouă care musteşte în corpul plantelor, minunatele prefaceri în urma cărora apar și se dezvoltă florile și fructele. Apoi, erupției de primăvară îi urmează lenta pregătire din timpul verii, cînd plantele, cu înțeleaptă chibzuire parcă, asemenea harnicelor albine, adună, strop cu strop, din nesecatul izvor solar, puterea dătătoare de viață pe care o integrează în roadele lor, în toată ființa lor. Cînd zilele încep să se scurteze, cînd strălucirea soarelui începe să pălească, iar razele își pierd treptat din tărie putem sta liniștiți: auriul boabelor de grîu și de porumb, dulceața merelor, perelor, gutuilor și chiar ușoara amăreală a nucilor, precum și întinsele pășuni și fînețe conțin închisă în moleculele lor o parte din

lumina soarelui, din energia lui, ca niște conserve fermecate — dătătoare de viață.

Instinctiv sau conștient, orice om caută natura și se simte bine în mijlocul ei. Vederea unei păduri îl deconectează, îl recreează. După un sfîrșit de săptămînă petrecut în natură, printre plante, omul se întoarce reconfortat la munca sa cotidiană, păstrînd pentru cîtva timp plăcuta amintire a contactului cu aceasta.

Să fie oare doar o părere subiectivă? Poate! Înainte de orice, plantele sînt frumoase și omul iubește tot ce este frumos. Alcătuirea armonioasă, coloritul atît de diferit nuanțat, asocierea lor în comunități care, privite de la distanță, creează plăcuta imagine a unor covoare țărănești măiestrit țesute sau a unor vaste mozaicuri cromatice, precum și mirosul aromitor al multora dintre ele și frumusețea florilor — toate acestea ar fi suficiente motive ca omul să caute tovărășia plantelor.

Dar asta nu este totul. Dintre toate viețuitoarele pămîntului, plantele îndeplinesc o funcție esențială pentru asigurarea vieții pe Terra, aceea de a capta o parte din radiațiile luminoase ale îndepărtatului astru solar și de a folosi energia lor pentru efectuarea unui proces de importanță vitală atît în viața lor, cît și în a celorlalte organisme vii. Cu ajutorul energiei luminoase, din bioxid de carbon, apă și săruri minerale, plantele realizează sinteza substanțelor organice (fotosinteza), construindu-și astfel propriul lor corp și servind, la rîndul lor, ca sursă esențială de hrană celorlalte viețuitoare. Aceasta e taina „conservelor solare"... Faptul că în acest proces plantele utilizează bioxid de carbon din atmosferă (compus toxic pentru alte viețuitoare) și elimină oxigen, care este necesar în respirație, explică puritatea aerului din regiunile în care vegetația este abundentă. Iată, așadar, cel de-al doilea motiv pentru care oamenii se simt bine în mijlocul naturii, al plantelor. Datorită acestui rol pe care-l îndeplinesc,

plantele verzi au fost numite, pe drept cuvînt, „plămînul Terrei". Dar, în afară de acțiunea de purificare a atmosferei, plantele au rol în reglarea factorilor climatici, contribuie la formarea solului, preîntîmpină degradarea și alunecarea terenurilor, constituie nu numai hrana animalelor, dar și mediul lor de viață. În plus, prin modul lor de alcătuire, prin infinita lor varietate și frumusețe, ele dau farmec naturii înconjurătoare.

Natura a fost în toate timpurile și o sursă de inspirație poetică pentru cei mai mari literați și artiști plastici ai lumii. Dar ea n-a fost numai muza artelor culte, ci a constituit, deopotrivă, izvorul cel mai de preț al artiștilor populari. La toate popoarele, obiectele de uz casnic (vase, țesături, cusături, mînerele unor unelte) sînt împodobite cu diferite motive vegetale. La noi în țară, în toate decorațiile interioare și exterioare, motivele vegetale se împletesc cu cele animaliere. De asemenea, ele se întîlnesc în desenele vitraliilor unor mănăstiri, pe porțile de lemn măiestrit sculptate, pe brîurile de broderie în piatră ale bisericii Trei Ierarhi din Iași, o adevărată bijuterie arhitectonică.

Chiar și în epoca noastră, caracterizată printr-o adevărată revoluție tehnică, prin deschiderea căilor de pătrundere spre alte lumi, prin utilizarea industrială a unor noi surse de energie (nucleară, geotermică etc.), omul, ca și toate celelalte animale de pe Pămînt, continuă să folosească pentru nevoile biologice energia ruptă din soare prin intermediul plantelor verzi. Vom vedea în cuprinsul cărții cum se realizează acest miracol, precum și alte aspecte interesante din viața plantelor.

Autotrofismul — un pas hotărîtor pentru evoluția vieții. Plantele constituie o componentă importantă a mediului înconjurător, ele îndeplinind un rol esențial în natură, în dezvoltarea și menținerea de-a lungul timpurilor a celorlalte viețuitoare. Toate organismele

de pe planeta noastră care au o organizare evident superioară (animalele şi oamenii) sînt tributare acestor frumoase şi uneori aparent fragile plăsmuiri ale naturii — vegetalele, fără de care n-ar putea exista. Afirmaţia nu desemnează numai o realitate a zilelor noastre, ci, după părerea oamenilor de ştiinţă, ea are acoperire în timp, coborînd pînă la originea primelor organisme vii. S-a stabilit că plantele au populat Pămîntul înaintea altor vieţuitoare cu un grad mai ridicat de organizare (animalele) şi, mai mult, se poate considera că ele sînt cele care au pregătit condiţiile necesare dezvoltării lor.

Cum s-a întîmplat aceasta? Cu 3—4 miliarde de ani în urmă, înainte de apariţia primelor vieţuitoare pe Pămînt, atmosfera avea o compoziţie diferită de cea de astăzi, fiind aproape complet lipsită de oxigen molecular, deoarece temperatura fiind foarte ridicată oxigenul intra în reacţie cu diferiţi compuşi sau elemente chimice, neputînd exista în stare liberă. Atmosfera era însă bogată în metan, amoniac, vapori de apă. Se presupune, de asemenea, că în atmosfera primitivă existau bioxidul de carbon (CO_2) şi hidrogenul liber.

Ca urmare a acţiunii radiaţiilor ultraviolete, a unor descărcări electrice şi a altor fenomene naturale, din aceşti compuşi minerali s-au sintetizat primele substanţe organice, foarte simple, din care ulterior au luat naştere substanţele organice complexe. Această perioadă din frămîntata istorie a Pămîntului, numită *abiogenă* (de la gr. *a*=fără, *bios*=viaţă şi *gennaien*=a naşte, a produce), a durat miliarde de ani.

Ulterior, Pămîntul a început să se răcească, iar vaporii de apă din atmosferă condensîndu-se au căzut sub formă de ploi şi au format oceanele, mările, rîurile. Substanţele organice existente în atmosferă au fost antrenate de picăturile de apă ajungînd în oceanul primar. Aici, ca urmare a numeroaselor reacţii chimice

complexe, s-au format compuşi organici macromoleculari: lipide, polizaharide, substanţe proteice şi, probabil, primii acizi nucleici.

Într-o fază ulterioară picăturile de substanţe organice formate dintr-un număr mai mare de molecule au constituit aşa-numitele *coacervate*, care aveau capacitatea de a îngloba substanţe organice din mediul înconjurător. Prin combinarea acestor substanţe organice cu propriile substanţe ale coacervatului şi eliminarea unor produşi proveniţi din reacţiile respective, ia naştere de fapt *metabolismul*, în forma sa primară. Coacervatele reprezintă deci forma de trecere de la materia organică lipsită de viaţă la formele elementare ale materiei vii.

Ipotezele actuale referitoare la originea vieţii pe Pămînt admit că primele forme de viaţă au apărut în acest ocean primar cu aproximativ 3,1—3,3 miliarde de ani în urmă. Deşi în compoziţia materiei vii intră aceleaşi elemente chimice ca şi în materia fără viaţă, modul lor de organizare îi conferă acesteia o calitate proprie, şi anume schimbul permanent de substanţe şi energie cu mediul înconjurător. Odată cu apariţia primelor forme de viaţă, în istoria Pămîntului începe perioada *biogenă*.

Datorită metabolismului, vieţuitoarele iau din mediu substanţele necesare vieţii pe care le transformă în substanţe proprii corpului lor. Acest proces de autoconstruire se numeşte *asimilaţie* (*anabolism*). Concomitent, organismele efectuează diferite activităţi (mişcare, înmulţire etc.) care necesită un consum de energie. Aceasta este obţinută prin arderea (oxidarea) unor substanţe proprii corpului, proces numit *dezasimilaţie* (*catabolism*). În afară de energie, prin dezasimilaţie rezultă şi unele substanţe nefolositoare sau chiar toxice pentru organism, care sînt eliminate pe diferite căi (respiraţie, excreţie etc.).

Ca rezultat al metabolismului, organismele cresc, se dezvoltă, ceea ce duce la lărgirea schimburilor dintre

materia vie şi cea fără viaţă şi, implicit, la modificarea componentelor mediului înconjurător.

Cu timpul, rezerva de substanţe organice existente în bazinele acvatice începe să scadă. Totodată, datorită reducerii temperaturii şi condensării vaporilor de apă, atmosfera se limpezeşte tot mai mult permiţînd radiaţiilor solare să ajungă pînă la suprafaţa Pămîntului.

Mai recent, unii oameni de ştiinţă consideră că printre particulele înglobate de către celulele primitive ar fi fost şi *cloroplastele,* grăuncioare de pigment verde, cu care unele dintre aceste celule trăiau într-un fel de simbioză. Cloroplastele aveau capacitatea să utilizeze pentru reacţiile chimice ale celulei energia solară, şi anume radiaţiile luminoase. Sub această formă este posibil să fi apărut pe Pămînt primele vieţuitoare capabile să-şi sintetizeze singure substanţele organice necesare din substanţe anorganice (bioxid de carbon, apă şi săruri minerale), cu ajutorul energiei solare. Asemenea organisme erau deci *autotrofe* (de la gr. *autos* = însuşi, şi *trophein*=a hrăni) *fotosintetizante* (foloseau pentru sinteza substanţelor organice energia luminii solare).

Pe baza studierii rocilor, se presupune că primele vieţuitoare care au folosit energia luminii solare au fost *algele albastre,* grup de plante cu o organizare simplă, din care unii reprezentanţi trăiesc şi în zilele noastre. Corpul lor este format în general dintr-o singură celuă, fără nucleu diferenţiat (*procariote*) şi care conţine clorofilă, dar într-o cantitate foarte mică. Culoarea albăstruie care le caracterizează se datoreşte unui alt pigment, *ficocianina,* care, împreună cu *ficoeritrina,* are de asemenea rol în nutriţie. Cu ajutorul acestor pigmenţi, algele albastre au putut utiliza energia luminoasă a Soarelui pentru sinteza substanţelor organice din compuşi minerali inaugurînd astfel era *autotrofismului* pe planeta noastră. Începînd din acest moment al istoriei vieţii autotrofismul va deveni predominant în lumea vegetală.

Se consideră că apariţia acestui nou mod de nutriţie, cu carbon, care avea să revoluţioneze lumea vie, constituind un adevărat salt calitativ în evoluţia vieţii, a avut loc cu 2—2,5 miliarde de ani în urmă.

Alge albastre trăiesc şi în zilele noastre; ele sînt plante inferioare, procariote, indivizii trăind izolat (de exemplu *Chroococcus*) sau în colonii de forma unor şiraguri de mărgele, albăstrui (de exemplu *Nostoc*). Continuă să fie foarte nepretenţioase şi se adaptează uşor la diferite condiţii ale mediului. Sînt întîlnite în deşerturi lipsite complet de apă, în crăpăturile gheţarilor polari, în apele fierbinţi ale gheizerelor, în zăcămintele petrolifere de pe fundul Mării Caspice şi chiar în insulele contaminate de particulele exploziilor nucleare. Tot ele au fost primele organisme care au populat insula vulcanică de lîngă Djawa, la numai 3 ani de la erupţia vulcanului Krakatoa.

Datorită marii lor rezistenţe la condiţiile neprielnice, precum şi nutriţiei lor specifice, algele albastre au putut să se dezvolte bine pe Pămînt pînă la apariţia *plantelor verzi,* concurenţi de neînvins. Într-adevăr, acestea, dispunînd de o organizare specializată în nutriţia autotrofă, s-au extins repede, s-au diversificat limitînd locurile de trai (nişele ecologice) ale înaintaşelor lor. Prin reprezentanţii lor de o diversitate extremă, plantele verzi au invadat literalmente Pămîntul, cucerind întinderile de apă, ca şi cele de uscat şi determinînd, prin activităţile lor vitale, profunde modifcări ale mediului.

Scurtă retrospectivă istorică. Cu mult înainte de-a deveni conştient de poziţia sa dominantă în natură, omul şi-a împletit viaţa sa cu aceea a plantelor. Observîndu-le mai întîi cu atenţie el a încercat destul de cu-

rînd să le utilizeze pentru satisfacerea necesităţilor sale vitale — hrană, adăpost etc. Mai tîrziu, gama utilizării lor s-a extins incluzînd şi aspecte legate de vindecarea bolilor, „decorarea" adăpostului şi chiar de cosmetică. A apărut astfel o nouă ocupaţie, culesul, care revenea mai ales femeilor şi copiilor, deoarece bărbaţii erau plecaţi la vînătoare.

De la starea sa de simplu culegător al produselor vegetale (fructe, seminţe, rădăcini, frunze, tuberculi) pînă la cea de cultivator de plante, omul a traversat o perioadă destul de îndelungată. În acest timp oamenii s-au apropiat tot mai mult de această lume vegetală, încercînd să-i smulgă secretele unul cîte unul. Acumulînd tot mai multe cunoştinţe despre plante, ei au încercat să le modifice unele proprietăţi, în sensul accelerării creşterii, al dezvoltării cu precădere a unor organe (rădăcini, tuberculi, bulbi etc.), al obţinerii unei cantităţi mai mari de seminţe sau fructe. Îngrijindu-le, la început cu mijloace rudimentare (prima unealtă agricolă era un simplu băţ cu vîrful ascuţit), apoi tot mai prefecţionate, omul a devenit agricultor (în neolitic). Această nouă ocupaţie (alături de vînătoare, pescuit), ca şi creşterea vitelor, a constituit o etapă calitativ superioară în dezvoltarea societăţii omeneşti.

Astfel, o bună parte din vegetaţia pămîntului începe să fie influenţată de activităţile omului. Alături de selecţia naturală se practica selecţia artificială, care avea să ducă la modificarea plantelor, la diversificarea lor, prin apariţia a numeroase specii, subspecii şi varietăţi, proces în plină evoluţie şi astăzi.

La început, cunoştinţele referitoare la îngrijirea şi folosirea plantelor se transmiteau prin viu grai iar mai tîrziu, prin scris. Unele scrieri cuprinzînd sfaturi despre cultivarea plantelor şi utilizarea unor îngrăşăminte se cunosc din China şi datează din sec. III î.e.n., iar îndrumări scrise privind utilizarea plantelor medicinale

se cunosc din Sumeria, avînd o vechime de circa 5000 de ani.

În antichitatea greacă un rol deosebit în dezvoltarea ştiinţelor naturale l-a avut filozoful Aristotel (384—322 î.e.n.), supranumit şi „părintele istoriei naturale". El a făcut experienţe şi observaţii interesante asupra animalelor şi plantelor, contribuind la cunoaşterea lor. Deşi multe idei emise de el pot fi socotite ca germeni ai principiilor teoriei evoluţioniste, unele fapte de observaţie au fost interpretate finalist, aceste interpretări fiind transmise mai departe de discipolii săi.

Primul care a ordonat şi sistematizat noianul de cunoştinţe acumulate pînă în vremea sa referitor la plante a fost naturalistul şi filozoful grec Teofrast (c. 372—287 î.e.n.), discipol al lui Aristotel, care a creat astfel ştiinţa despre plante, *botanica* (de la gr. *botanikos* = de plante). În lucrările sale, *Cercetarea plantelor* (9 vol.) şi *Cauzele plantelor* (6 vol.), el a descris amănunţit circa 500 de specii. În mare parte, informaţiile cuprinse în aceste cărţi sînt valabile şi azi.

Alţi savanţi din antichitate — Pliniu cel Bătrîn, Dioscoride, Varro, Columella etc. — au îmbogăţit tînăra ştiinţă creată de Teofrast.

În ultimul secol înainte de era noastră, filozoful roman Lucretiu (98—55 î.e.n.) închină naturii un strălucit poem (*De rerum natura*), în care emite numeroase idei materialiste cu privire la dezvoltarea lumii. Iată cît de frumos răzbat aceste idei din următoarele versuri:

„...Căci lumea veche pleacă,
O mînă-n veci din urmă lumea nouă,
Şi dintr-un lucru se tocmeşte altul.

. . . . . .

Căci e nevoie pururi de materie,
Să crească alte rînduri de fiinţe:

Aceste toate te-or urma pe tine
Cînd îşi vor fi trăit şi ele traiul.
Cum au pierit atîtea înainte,
Vor mai pieri şi după tine încă,
În veci s-or naşte unele din alte".

(Cartea a III-a)

„Dar este-nvederat...
Că din pămînt făpturile-şi trag hrana
Şi cresc în aer şi, de nu le-ajută
Cu ploi la timp şi vremea priitoare,
Încovoind copacii sub potopul
De apă, şi de nu le-alintă soarele
Şi nu le dă căldură, nu pot creşte
Nici grîne şi nici arbori, nici fiinţe"[1].

(Cartea I)

Dimpotrivă, în perioada evului mediu, cînd s-a înregistrat un declin general al dezvoltării ştiinţelor, dadorită mai ales influenţei nefaste a religiei, cunoştinţele de botanică stagnează şi ele. Chiar ideile lui Aristotel sînt falsificate şi impuse ca o dogmă de adepţii concepţiilor retrograde. O excepţie în această perioadă o formează cărturarii arabi. Dintre aceştia, un rol important pentru ştiinţele naturii l-au avut Avicenna, pe adevăratul său nume Ibn Sina (980—1037), şi Averroes (Ibn Raşid, 1126—1198) care au emis multe idei materialiste cu privire la viaţa plantelor.

Odată cu dezvoltarea burgheziei şi în strînsă legătură cu necesităţile practice începe o perioadă prielnică dezvoltării tuturor ştiinţelor, artei şi culturii —

[1] LUCRETIU, *Poemul naturii*, trad. din lb. latină de prof. T. Naum, Cartea I, p. 61, Cartea a III-a, p. 184, Ed. ştiinţifică, Bucureşti, 1965.

Renaşterea. Paralel cu dezvoltarea medicinii, botanica cunoaşte o adevărată înflorire.

Dintre numeroşii cercetători care au contribuit la dezvoltarea botanicii amintim pe R. Hooke (1635—1703), descoperitorul celulei vegetale, şi pe A. V. Leeuwenhoek (1682—1723), care, cu ajutorul unui microscop ce mărea de 150—200 de ori, construit de el însuşi, a cercetat diferite forme de alge.

Începînd din secolul al XVIII-lea, dezvoltarea botanicii este dominată de influenţa naturalistului suedez Carl von Linné (1707—1778), care a elaborat o clasificare a plantelor, pe baza elementelor florale. În această clasificare el utilizează nomenclatura binară a speciilor care, în mare, stă la baza celei actuale. Fiecare specie este denumită prin două cuvinte: primul indică genul, iar al doilea, specia. Este interesant de menţionat că lucrarea *Sistema naturae,* prin care Linné a devenit vestit în lumea ştiinţelor naturii, nu avea decît 12 pagini!

Sfîrşitul secolului al XVIII-lea şi începutul secolului al XIX-lea sînt marcate de personalitatea unui alt mare gînditor, poet şi naturalist strălucit, J. W. Goethe (1749—1832). Prin numeroase experienţe şi observaţii, el ajunge la concluzia că toate organele plantei au o origine comună, forma pe care o au astăzi datorîndu-se metamorfozei. De exemplu, el afirmă că sepalele şi petalele florilor nu sînt altceva decît frunze modificate.

Pe la mijlocul secolului al XIX-lea (1838—1839), botanistul M. Schleiden (1804—1881) şi zoologul T. Schwan (1810—1880) emit ideea că la baza tuturor organismelor vegetale şi animale se găseşte celula, care reprezintă deci unitatea structurală şi funcţională a fiinţelor vii. Această teorie s-a bucurat de o mare apreciere din partea lui Fr. Engels, care o punea pe acelaşi plan de importanţă cu descoperirea legii transformării energiei şi cu teoria evoluţiei.

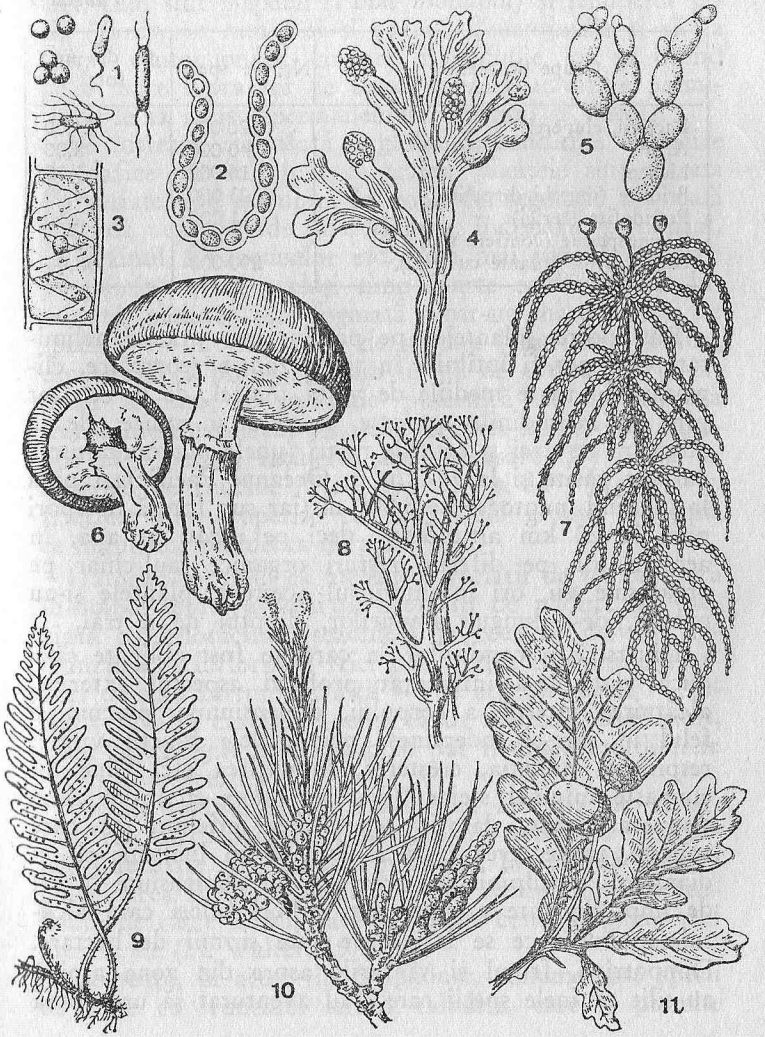
Elaborarea, de către Ch. Darwin (1802—1872), a concepţiei evoluţioniste în biologie marchează o etapă nouă şi în dezvoltarea botanicii, etapa evoluţionist-experimentală.

În perioada actuală, datorită perfecţionării mijloacelor de investigaţie şi ca urmare a dezvoltării tuturor celorlalte ştiinţe, studiul botanicii cunoaşte progrese remarcabile. Prin acumularea unui material faptic imens, din bătrînul trunchi al botanicii s-au desprins numeroase discipline, constituind ştiinţe de sine stătătoare. Aşa sînt: morfologia (studiază structura plantelor), fiziologia (cercetează funcţiile), sistematica (stabileşte înrudirea naturală a plantelor şi clasificarea lor), genetica, ecologia (studiază relaţiile plantelor cu mediul şi cu celelalte organisme), paleobotanica, algologia, micologia, citologia, biologia moleculară etc.

Din biologia plantelor. Se cunosc în prezent circa 500 000 specii de plante: arbori, arbuşti, ierburi, microorganisme etc. (pl. I). Datorită însă cercetărilor de teren din regiuni neexplorate, ca şi aprofundării studiilor botanice din zonele deja cunoscute, numărul acesta suferă anual corecţii substanţiale. Chiar la ora actuală, la totalul speciilor determinate se adaugă un număr de cîteva ori mai mare de subspecii şi varietăţi.

Apartenenţa, ca număr de specii, la diferite grupe sistematice mari reiese din tabelul 1:

Planşa I. Diversitatea lumii vegetale: 1. Diferite tipuri de bacterii; 2. Alga albastră *Nostoc;* 3. Alga verde *Spirogyra* (mătăsea-broaştei); 4. Alga brună *Fucus;* 5. Drojdia de bere (*Saccharomyces cerevisiae*); 6. Turta-vacii (*Boletus luteus*); 7. Muşchiul de turbă (*Sphagnum acutifolium*); 8. Lichenul renului (*Cladonia rangiferina*); 9. Feriga *Polypodium vulgare;* 10. Gimnosperme — pinul (*Pinus silvestris*); 11. Angiosperme — stejarul (*Quercus robur*).



Tabelul 1

Grupe de plante	Nr. de specii	% din nr. total
Bacterii, ciuperci	120 000	24,00
Alge	40 000	8,00
Licheni	16 000	3,00
Briofite (mușchi, hepatice)	23 000	4,00
Pteridofite (ferigi)	11 000	2,10
Gimnosperme (conifere ș.a.)	600	0,10
Angiosperme (plante cu flori)	290 000	58,00

Răspîndirea plantelor pe pămînt este practic nelimitată. Ele pot fi întîlnite în toate zonele geografice, climatice, în toate mediile de viață. Astfel, de la ecuator pînă la latitudinile extreme, nordice și sudice, de la adîncimi de zeci și sute de metri (unele microorganisme au fost găsite și la 11 km în Oceanul Pacific) și pînă la înălțimi muntoase de 6 000 m (iar sub formă de spori pînă la 20 km altitudine), deci pe uscat, în apă, în aer, în sol, pe diferite resturi organice sau chiar pe organisme vii, ori în interiorul acestora, plantele și-au cucerit, de-a lungul timpurilor, dreptul de a trăi.

Diversitatea condițiilor în care au fost obligate să-și ducă viața le-a influențat profund aspectul exterior, alcătuirea internă a corpului, dimensiunile, precum și felul în care-și îndeplinesc principalele funcții vitale: respirația, nutriția, creșterea, înmulțirea etc. Cine nu cunoaște falnicul stejar (*Quercus robur* etc.) din zona temperată care, datorită condițiilor prielnice în care trăiește, poate avea pînă la 50—60 m înălțime și un diametru al tulpinii de circa 2,5 m! Dimensiuni la fel de impresionante ating și alți arbori foioși care alcătuiesc păduri ce se întind pe sute și mii de hectare. Dimpotrivă, frigul și vînturile aspre din zona alpină au silit puținele specii care s-au aventurat să urce pînă

aici, cum sînt jnepenii (*Pinus montana*) și ienuperul pitic (*Juniperus nana*) să-și reducă dimensiunile și să ia forme contorsionate, ciudate. Rădăcinile lor se întind pe o mare suprafață de teren, această adaptare permițîndu-le să reziste permanentelor furtuni și viscole.

Pe întreaga suprafață a globului, condițiile climatice și edafice (de sol) în care trăiesc plantele sînt extrem de variate. De exemplu, în zona de vegetație tropicală pluvială veșnic verde (ins. Malaya, Indonezia și, parțial, în bazinul Amazoanelor etc.), cea mai umedă zonă de pe pămînt, și în același timp foarte caldă și bine luminată, pădurea este formată dintr-un mare număr de specii (40—100/ha) cu o dezvoltare luxuriantă. Totuși, din cauză că ploile cad sub formă de averse foarte intense urmate de insolație puternică ce favorizează transpirația excesivă, plantele prezintă numeroase adaptări care permit reținerea apei necesare. De pildă, la arborele de cauciuc (*Ficus elastica*) și la *Philodendron* frunzele sînt acoperite cu o cuticulă groasă, pieloasă, ce împiedică pierderea de apă.

Datorită faptului că nu există variații de temperatură în timpul anului, arborii din acest tip de pădure nu prezintă o periodicitate sezonieră în ceea ce privește înfrunzirea și înflorirea. Aici poți vedea concomitent arbori de-abia înfrunziți, alții — de aceeași specie — înfloriți și alții cărora le-au și căzut frunzele. Mai mult, chiar pe crengile aceluiași pom pot fi observate diferite stadii de vegetație!

O altă adaptare interesantă este apariția de lăstari floriferi direct pe tulpina lemnoasă a arborilor din etajele inferioare ale pădurii, și anume la speciile la care polenizarea florilor sau răspîndirea semințelor sînt realizate de către lilieci, care în aceste condiții ajung mai ușor la ele (H. Walter, 1974).

Existența, în acest tip de pădure, a numeroase specii de liane cu trunchiul ierbos, mlădios, care le permite

să ajungă deasupra coroanei arborilor lemnoşi este un alt caracter de adaptare a plantelor tropicale, în vederea obţinerii unei cît mai mari cantităţi de lumină.

Dimpotrivă, în zona vegetaţiei de tundră, din nordul Siberiei, condiţiile climatice aspre au impus plantelor un alt gen de adaptări. În aceste regiuni temperaturile sînt foarte scăzute (să nu uităm că aici se considera a fi, pînă de curînd, polul frigului*, —71°, la Verhoiansk-Oimeakon din Iacuţia — U.R.S.S.), vînturile puternice, iar precipitaţiile reduse. În sezonul de vegetaţie (iunie-septembrie) cresc licheni şi muşchi (cu un ciclu vegetativ scurt), alături de mesteceni şi sălcii pitice.

În lumea plantelor se întîlnesc şi alte numeroase adaptări la condiţiile de viaţă, exprimate prin modifcări de formă, de structură internă, de funcţii. Pe unele le-am amintit. Desigur, nu putem vorbi despre toate, deşi sînt foarte interesante. Ne vom opri totuşi la două exemple, dintre cele mai spectaculoase. Primul se referă la plantele suculente (de exemplu cactuşii), care la noi se cultivă ca plante ornamentale, dar care în unele zone de deşert constituie aproape singura vegetaţie spontană. Deşerturile sînt zone aride, lipsite de umezeala necesară dezvoltării normale a plantelor. Temperatura este foarte ridicată în timpul zilei, pînă la 70°C, iar noaptea poate coborî la circa —3°C. Supravieţuirea plantelor în asemenea condiţii se bazează pe intense modificări morfologice şi funcţionale. Plantele care prezintă asemenea modificări se numesc *xerofite*, dintre acestea mai cunoscute fiind cele suculente. Un exemplu este limba-soacrei (*Opuntia*). La aceste plante frunzele s-au transformat în spini, pentru a reduce pierderile de apă prin transpiraţie, iar tulpina a devenit suculentă,

* Temperaturi cu mult mai scăzute (—88,3°C) au fost înregistrate recent în Antarctica, în staţiunea sovietică „Vostok".

jucînd rolul unui rezervor de apă. În perioadele în care în sol şi în atmosferă apa lipseşte cu totul, apa înmagazinată în tulpini este folosită de plante pentru nevoile lor de viaţă. O altă adaptare a plantelor suculente priveşte sistemul lor radicular, care este foarte ramificat şi superficial, ceea ce permite ca în timpul ploilor rare să absoarbă o mare cantitate de apă, care trece în tulpină. Apoi rădăcinile se usucă şi numai o parte din ele continuă să fixeze planta. Ca dovadă a eficacităţii unor asemenea adaptări în aprovizionarea plantelor cu apă este faptul că, pentru animalele deşertului (cămila, asinul, iepurele săritor din Texas etc.), ele constituie singura sursă de hrană şi apă.

Cel de-al doilea exemplu interesant de adaptare la mediu îl constituie mangrovele, asociaţii vegetale tropicale de plante lemnoase şi ierboase, care cresc pe litoralele udate de maree ale celor două Americi, Africii, Asiei etc. Plantele de mangrovă prezintă diferite adaptări care le permit să se dezvolte într-un sol insuficient oxigenat, sărături şi spălat continuu de apele marine. Astfel, unele specii dispun de adaptări în vederea asigurării fixării în sol: la *Rhizophora attenuata*, de exemplu, seminţele germinează pe ramuri şi emit nişte rădăcini proptitoare prin care se fixează în mîl. O altă specie tipică de mangrovă este *Avicennia*, întîlnită mai ales pe solurile nisipoase, care prezintă rădăcini respiratorii aeriene, în vederea unei mai bune aprovizionări cu oxigen. Adaptări asemănătoare se găsesc şi la specia ierboasă *Pandanus*, din zona interioară a mangrovelor tropicale.

La *Avicennia* a fost pusă în evidenţă şi o adaptare funcţională foarte interesantă: planta dispune de nişte celule speciale (salifere), situate pe partea inferioară a frunzelor, care elimină excesul de săruri provenit din apa de mare absorbită prin rădăcini.

O mare varietate prezintă plantele și în ceea ce privește modul de nutriție. Se știe că plantele verzi, fie cultivate, fie spontane, au nevoie de apă (în care sînt dizolvate săruri minerale), de CO_2 și de lumină. Într-adevăr, așa se petrec lucrurile la specii cum sînt, de pildă: ghiocelul și lăcrămioara, gingașe flori de primăvară, stejarul și bradul, maiestuoșii arbori ai pădurilor noastre, grîul și porumbul care formează baza alimentației în multe țări, ca și plăpîndul fir de iarbă — toate fiind înzestrate cu organe specializate în vederea preparării hranei. Rădăcinile au rolul principal în absorbția apei și a sărurilor minerale, tulpinile, prin vase speciale, conduc atît substanțele anorganice primite de la rădăcină, cît și substanțele organice preparate în frunze, necesare tuturor organelor. Frunzele însă, conținînd miraculosul pigment verde — clorofila — îndeplinesc cel mai original fenomen biologic de pe pămînt, sinteza substanțelor organice din compuși minerali, cu ajutorul energiei luminoase. Pe drept cuvînt s-a spus că frunza este un „laborator cosmic", deoarece, prin captarea unei părți din radiațiile luminoase și transformarea ei în energie chimică încorporată în produși organici de sinteză, ea face legătura dintre Soare și Pămînt, asigurînd viața pe planeta noastră. Așa cum s-a arătat mai sus, acest proces este fotosinteza, realizat de toate plantele superioare și de o mare parte a celor inferioare. Printre acestea din urmă, algele verzi care trăiesc în ape au o contribuție însemnată la realizarea biomasei vegetale, iar în aprovizionarea atmosferei cu oxigen, necesar în respirație, aportul lor este de 80%, întrecîndu-l deci cu mult pe cel al plantelor superioare. Astfel de plante capabile de fotosinteză sînt numite autotrofe *fotosintetizante* și ele formează cea mai mare parte din vegetația planetei noastre avînd, așa cum am văzut, un rol esențial în furnizarea materiei organice și energiei tuturor viețuitoarelor.

Dar nutriția autotrofă nu este apanajul exclusiv al plantelor verzi. Cîteva tipuri de microorganisme (bacterii) pot să-și sintetizeze substanțele organice pornind de la aceleași elemente, dar folosind ca sursă de energie, nu lumina solară, ci energia chimică rezultată din oxidarea diferiților compuși minerali. Acestea se numesc microorganisme autotrofe *chemosintetizante*. Așa se hrănesc, de exemplu, multe tipuri de bacterii care trăiesc în sol și ape și care sînt uneori importante și pentru agricultură, deoarece folosesc o serie de compuși minerali, ca amoniacul, hidrogenul sulfurat etc. și îi transformă în substanțe nevătămătoare și totodată utile pentru plantele superioare.

Multe grupe de plante, cum sînt o mare parte dintre bacterii, actinomicetele și ciupercile, nu-și pot sintetiza singure substanțele organice, fiind nevoite să le ia din natură gata preparate. Din această cauză ele trăiesc în mod obligatoriu pe substraturi organice, moarte sau vii, prin valorificarea cărora obțin substanțele nutritive, precum și energia necesară vieții lor. Acest fel de nutriție se numește *heterotrofă* (de la gr. *heteros* = altul). Dintre plantele heterotrofe cele care se hrănesc cu substanțe organice (glucide, acizi organici, alcooli, grăsimi, aminoacizi etc.) provenite din descompunerea plantelor și animalelor moarte, ca și din alte substanțe organice, poartă numele de *saprofite* (de la gr. *sapros* = putreziciune și *phiton* = plantă). În sol, de exemplu, există numeroase microorganisme (bacterii, ciuperci etc.) care, descompunînd resturile de plante și animale, pun în libertate o serie de compuși chimici (săruri minerale, CO_2 etc.), asimilabili de către plantele verzi. Lucrări recente consemnează faptul că într-un gram de sol uscat se pot găsi, în medie, 2 miliarde de bacterii. Microorganismele din sol au un rol important în circuitul biologic al diferitelor substanțe

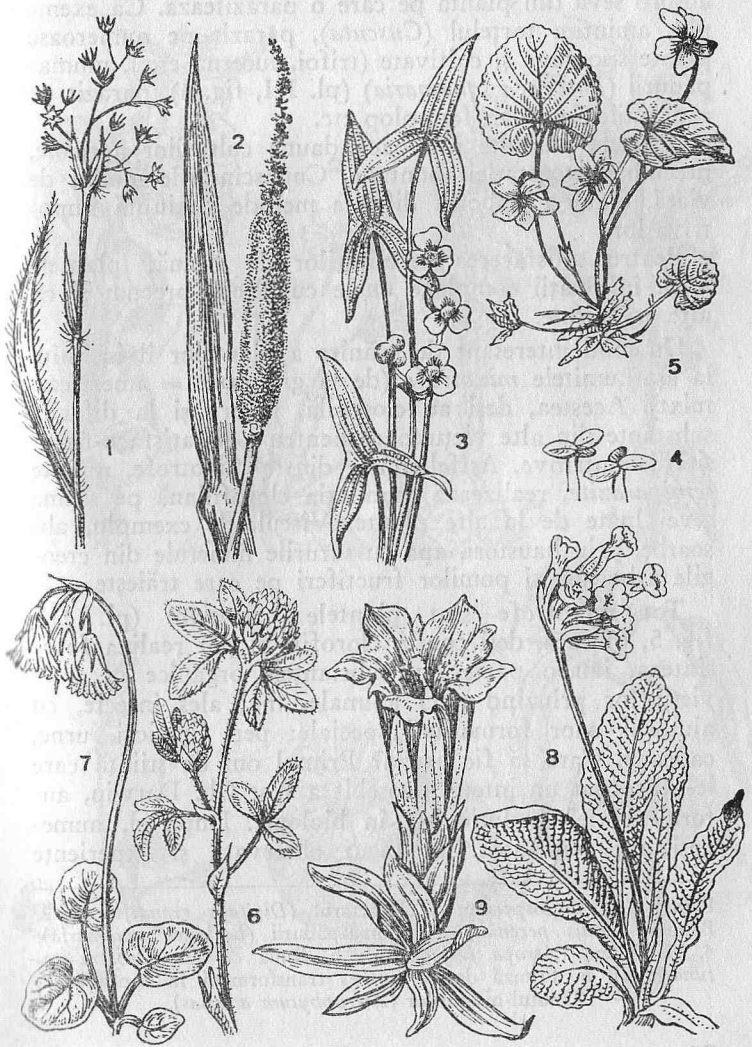
putrezite din natură, îndeplinind prin aceasta şi un rol igienic (vezi cap. 4).

Tot saprofite sînt şi bacteriile şi ciupercile care provoacă alterarea alimentelor.

Dintre ciupercile saprofite, unele sînt *comestibile*, de exemplu, zbîrciogul (*Morchella esculenta*), mînătarca (*Boletus edulis*) etc., altele sînt folosite în industria alimentară (ciupercile de fermentaţie, de exemplu drojdia de bere — *Saccharomyces cerevisiae*), în industria farmaceutică (pentru producerea de antibiotice, de pildă *Penicillium notatum* etc.) sau pentru obţinerea de proteină alimentară (de exemplu diferite specii de drojdii: *Candida* sau *Torula*).

Alte plante, mai ales dintre cele inferioare, extrag toate substanţele organice care le sînt necesare din organisme vii (plante, animale, oameni). Acestea sînt *parazite* (de la gr. *para* = lîngă, alături de, împreună, contra, şi *sitos* = mîncare). Numeroase bacterii şi ciuperci duc o astfel de viaţă parazitară, precum şi întregul grup al celor mai simple organisme, acelulare — virusurile. Vieţuitoarele parazitate se numesc gazde, iar bolile provocate poartă diferite denumiri după tipul de paraziţi: *viroze* (cele provocate de virusuri), *bacterioze* (cele cauzate de bacterii) şi *micoze* (cele determinate de ciuperci). De exemplu, ciuperca *Plasmopara viticola* parazitează viţa de vie provocînd boala numită mana viţei de vie; *Puccinia graminis* atacă grîul cauzînd rugina neagră.

Chiar şi printre plantele superioare există cîteva specii parazite. Acestea sînt lipsite de clorofilă şi prezintă nişte formaţiuni speciale (haustori), cu ajutorul cărora



Planşa II. Angiosperme: 1. Horşti *(Luzula pilosa);* 2. Papura *(Tipha latifolia);* 3. Săgeata apei *(Sagittaria sagittifolia);* 4. Lintiţa *(Lemna minor);* 5. Toporaşul *(Viola palustris);* 6. Trifoiul roşu *(Trifolium pratense);* 7. Degetăruţul *(Soldanella alpina);* 8. Ciubotica-cucului *(Primula officinalis);* 9. Ghinţura *(Gentiana acaulis).*

absorb seva din planta pe care o parazitează. Ca exemplu, amintim torţelul (*Cuscuta*), parazit pe numeroase plante spontane şi cultivate (trifoi, lucernă etc.), muma-pădurii (*Lathraea squamaria*) (pl. III, fig. 3), parazit pe rădăcinile de stejar, fag, plop etc.

Plantele parazite provoacă daune culturilor agricole, precum şi vegetaţiei spontane. Cunoscîndu-le modul de viaţă, omul a elaborat diferite metode de luptă împotriva lor.

Pentru satisfacerea necesităţilor de hrană, plantele intră în relaţii complexe unele cu altele, precum şi cu alte organisme.

Un mod interesant de hrănire a plantelor îl întîlnim la aşa-numitele *mixotrofe* (de la gr. *mixos* = amestecat, mixt). Acestea, deşi au clorofilă, recurg şi la diferite substanţe din alte vieţuitoare pentru a-şi satisface necesităţile nutritive. Astfel, unele dintre mixotrofe, numite *semiparazite*, realizează asimilaţia clorofiliană pe seama sevei luate de la alte plante. Vîscul, de exemplu, absoarbe, prin haustori, apa cu sărurile minerale din crengile arborilor şi pomilor fructiferi pe care trăieşte.

Tot mixotrofe sînt plantele *carnivore* (pl. III, fig. 5, 6) care, deşi conţin clorofilă şi pot realiza fotosinteza, iau o parte din substanţele organice necesare vieţii lor prinzînd mici animale, mai ales insecte, cu ajutorul unor formaţiuni speciale: peri lipicioşi, urne, capcane. Care să fie cauza? Primul om de ştiinţă care le-a acordat un interes deosebit a fost Ch. Darwin, autorul teoriei evoluţioniste în biologie. După el, numeroşi alţi cercetători au făcut observaţii şi experienţe

Planşa III. Angiosperme: 1. Degetarul (*Digitalis grandiflora*); 2. Bănuţul (*Bellis perennis*); 3. Muma-pădurii (*Lathraea squamaria*); 4. Mătrăguna (*Atropa belladonna*); 5. Roua cerului (*Drosera rotundifolia*); 6. Frunză de *Nepenthes* transformată în capcană; 7. Bănuţul-nisipurilor (*Astrophytum asterias*).

asupra plantelor carnivore, contribuind la dezlegarea enigmei vieții lor.

Datorită faptului că aceste plante trăiesc, în general, pe soluri și în ape sărace în unele săruri minerale (mai ales cu azot și fosfor), ele își completează cantitățile necesare de săruri din micile animale care le cad pradă și pe care s-au adaptat să le prindă și să le digere. Dintre plantele carnivore, amintim roua-cerului *Drossera*), otrățelul de baltă (*Utricularia*) și *Nepenthes*.

Unele plante pot conviețui cu altele într-un mod armonios, fără a se stînjeni una pe alta, ba dimpotrivă, oferindu-și avantaje reciproce și dobîndind proprietăți noi ca urmare a acestei conviețuiri. O astfel de relație se numește *simbioză* și este destul de răspîndită în lumea vie. Plantele care trăiesc în simbioză sînt numite *simbionte*. Ele participă reciproc la realizarea nutriției ambilor parteneri. Cel mai cunoscut exemplu de simbioză îl constituie lichenii, care reprezintă o conviețuire stabilă între anumite ciuperci și unele tipuri de alge verzi sau albastre. Avantajul unei asemenea simbioze este că ciuperca, prin numeroasele sale filamente (hife), aprovizionează alga cu apa și sărurile minerale necesare, iar aceasta, la rîndul ei, aprovizionează ciuperca cu substanțe organice rezultate din fotosinteza algei (vezi pag. 76).

Lichenii sînt plante relativ mici, cu aspect crustos, frunzos sau tufos, de culoare verzuie, albăstruie, cenușie sau gălbuie, foarte răspîndiți în natură, chiar și în locuri neprielnice plantelor superioare. Dintre licheni, amintim mătreața bradului (*Usnea barbata*) și lichenul renului (*Cladonia rangiferina*) (pl. I, fig. 8).

Un interesant tip de simbioză îl constituie așa-numitele *micorize*, asociație care se stabilește între unele ciuperci și anumite plante ierboase sau lemnoase (vezi pag. 77).

Funcția de înmulțire, esențială pentru asigurarea continuității speciilor în timp, s-a constituit, de asemenea, sub influența condițiilor de viață. În lumea plantelor se cunosc numeroase modalități de înmulțire, dar toate pot fi încadrate în trei tipuri principale: vegetativă, asexuată și reproducerea sexuată.

Înmulțirea vegetativă se întîlnește la un mare număr de plante și se realizează pe mai multe căi: diviziune, înmugurire celulară, fragmentare și prin diferite organe vegetative (frunză, lăstar, tulpini subterane sau aeriene etc.).

Prin diviziune celulară se înmulțesc unele organisme foarte simple, cum sînt bacteriile și algele albastre. Unica celulă a unui asemenea organism se divide în două părți egale care cresc și îndeplinesc funcțiile vitale caracteristice speciei. Adesea, în urma diviziunii, celulele rămîn împreună formînd aglomerări numite colonii.

Înmulțirea prin înmugurire a celulelor se întîlnește la unele ciuperci, de exemplu la drojdia de bere. În acest caz, pe celula mamă apare o mică excrescență numită mugure, care, crescînd, formează la rîndul lui un alt mugure și așa mai departe. Se formează astfel o colonie. Alteori, celula tînără se desprinde, crește și dă naștere unui nou organism. Multe plante inferioare — algele filamentoase, ciupercile, lichenii — se înmulțesc prin fragmentarea talului, adică a organului lor vegetativ. Dintre plantele superioare puține se înmulțesc pe această cale, de exemplu peștișoara (*Salvinia natans*), lintița (*Lemna minor*).

În cultura plantelor, omul folosește pe scară largă înmulțirea vegetativă: prin tuberculi (la cartof); prin bulbi (la ceapă); prin rizomi (la stînjenel); prin stoloni (la căpșuni); prin butași (la mușcată, salcie, plop); prin marcotaj (la vița de vie); prin altoire (la numeroși pomi fructiferi și plante ornamentale).

Înmulțirea asexuată este răspîndită la multe grupe de plante (bacterii, ciuperci — drojdii, mușchi, alge, ferigi) și se realizează prin niște formațiuni specializate numite *spori,* care iau naștere pe cale asexuată. Plantele se înmulțesc prin spori numai într-o anumită etapă din viața lor, unele prezentînd o interesantă alternanță de generații sexuate și asexuate (de exemplu, la ciuperci, mușchi, ferigi). Sporii pot fi unicelulari sau pluricelulari, la unele specii fiind deosebit de rezistenți la condițiile neprielnice de viață. S-au găsit spori de ciuperci avînd o vechime de mii de ani.

Reproducerea sexuată se caracterizează prin contopirea a două celule diferențiate din punct de vedere sexual, una femelă, cealaltă mască. Ele poartă numele de *gameți.* Unirea dintre cei doi gameți se numește *fecundare,* proces în urma căruia rezultă o celulă unică, oul fecundat sau *zigotul,* care stă la baza viitoarei plante.

Reproducerea sexuată se întîlnește la toate grupele vegetale. La plantele superioare angiosperme (plante cu flori a căror sămînță este învelită în fruct) organul specializat în vederea reproducerii este floarea, care are mai multe părți componente, fiecare cu un anumit rol în acest proces. Părțile principale sînt staminele, purtătoare de polen, care reprezintă celulele sexuale mascule, și ovarul, în care se găsesc ovule, respectiv celulele sexuale femele. Cu ajutorul vîntului sau al insectelor, polenul de pe stamine este transportat pe stigmat (la baza căruia se găsește ovarul). Acest proces, numit polenizare, este premergător fecundației, care are loc în ovar. Oul rezultat formează sămînța. În sămînță se depozitează substanțe de rezervă din care se va hrăni viitoarea plantă în prima ei fază de dezvoltare. La rîndul său, ovarul, prin creștere, formează fructul care învelește sămînța (sau semințele), protejînd-o de eventualele condiții neprielnice.

Cu privire la originea florii, majoritatea specialiștilor acceptă teoria emisă de Goethe, în 1790, că ea este „o ramură scurtă cu frunze metamorfozate, adaptate în vederea înmulțirii".

Coloritul variat și intens al petalelor îndeplinește rolul de a face floarea vizibilă de la distanță pentru insectele care realizează polenizarea. Mai mult, unele flori au o formă adaptată pătrunderii numai anumitor specii de insecte polenizatoare. Așa de exemplu, florile de trifoi alb (*Trifolium repens*) și de trifoi roșu (*T. pratense*) sînt polenizate numai de bondari. Polenizarea panselei (*Viola tricolor*) se face, de asemenea, numai de către bondari. Ch. Darwin, care consemnează aceste exemple în *Originea speciilor,* conchide că „dacă întregul gen al bondarilor ar pieri sau ar deveni foarte rar în Anglia, panseaua și trifoiul roșu ar deveni foarte rare sau ar dispărea în întregime". Un alt exemplu de adaptare în vederea polenizării îl constituie unele specii de orhidee (*Lobelia fulgens* etc.) și o serie de insecte polenizatoare: atît orhideele, cît și insectele și-au adaptat reciproc forma în decursul timpului. Exemplele de mai sus, ca și numeroase altele existente în natură, dovedesc multitudinea adaptărilor viețuitoarelor, ceea ce le permite realizarea funcțiilor vitale (pl. II, III).

Dintre funcțiile vitale îndeplinite de plantele verzi, cea mai caracteristică le este, desigur, fotosinteza, singurul proces de amploare de pe Pămînt prin care se produce substanță organică din substanțe minerale. Acestui proces îi rezervăm capitolul următor.

PLANTELE VERZI — BAZA VIEȚII
(NUTRIȚIA PLANTELOR CU CARBON = FOTOSINTEZA)

Pe drumul descoperirii fotosintezei. După cum a reieșit din capitolul anterior, plantele verzi au capacitatea de fotosinteză, adică de a produce substanțe organice din substanțe anorganice simple (CO_2, H_2O și elemente minerale), datorită clorofilei care captează radiațiile luminoase.

Ce sînt însă substanțele organice? Acestea sînt diferite combinații ale carbonului, care alcătuiesc 90—95% din masa uscată a unei plante: glucide (zaharuri), proteine, lipide (grăsimi), vitamine, hormoni etc. (tabelul 2).

Tabelul 2

Proporția diferitelor elemente în substanțele organice

Elemente	% din masa uscată
Carbon	45
Oxigen	42
Hidrogen	6,6
Azot	1—2,5
Fosfor	0,25
Sulf	0,25—0,50
Alte elemente	

Așadar, în compoziția substanțelor organice, elementul care predomină este carbonul. După sursa de carbon folosită, plantele sînt autotrofe (utilizează carbonul mineral din CO_2 atmosferic) și heterotrofe (iau carbonul din substanțele organice sintetizate de plantele verzi). După sursa de energie folosită în sinteza substanțelor organice, plantele autotrofe sînt fotosintezizante (absorb radiațiile luminoase) și chemosintetizante (își procură energia necesară din reacțiile de oxidare a unor compuși anorganici). Sînt autotrofe fotosintetizante toate plantele verzi (inferioare și superioare) din ape și de pe uscat, algele albastre, brune, roșii, precum și un mic grup de bacterii înzestrate cu clorofilă.

Mulți cercetători s-au ocupat cu descifrarea fenomenelor legate de nutriția plantelor. Însuși Aristotel, cel mai mare filozof al antichității, a intuit rolul solului în hrănirea plantelor. El însă credea, în mod greșit, că solul ar avea proprietatea de-a transforma substanțele provenite de la plante și animale în substanțe pe care apoi plantele le-ar lua direct prin rădăcinile lor. Ideea aceasta a dăinuit multe secole, în tot evul mediu.

Pe la 1600, chimistul și medicul belgian Van Helmont (1577—1644), experimentînd cu o salcie, arată importanța apei în nutriția plantelor, dar crede că acestea se hrănesc exclusiv cu apă. Abia peste 99 de ani, Y. Woodward, efectuînd numeroase experiențe, afirmă că plantele se hrănesc cu substanțele extrase din sol, și nu cu apă. Între anii 1663 și 1672, naturalistul italian Marcelo Malpighi (1628—1694) descoperă vasele conducătoare prin care circulă seva plantelor, compusă din apă, săruri minerale și substanțe organice.

În secolul al XVIII-lea, contribuții însemnate aduc chimistul și naturalistul englez St. Hales (1677—1761) și naturalistul elvețian Ch. Bonnet (1720—1793). Primul intuiește rolul frunzelor și al luminii în nutriția

plantelor, iar cel de-al doilea pune în evidenţă eliberarea de către plante a „aerului vieţii" (oxigenul).

În sfîrşit, pe baza cunoştinţelor acumulate şi datorită progreselor obţinute în chimie (în ceea ce priveşte informaţiile asupra aerului), *J. Priestley* (1733—1804), filozof şi chimist englez, *descoperă fenomenul de fotosinteză, în 1771.* El a făcut următoarea experienţă: într-un vas cu aer în care ţinuse şoareci şi în care o lumînare aprinsă nu mai putea arde (deci în care nu mai exista oxigen), a pus o ramură de mentă. Peste zece zile, aprinzînd din nou lumînarea, flacăra nu se mai stingea, dovadă că în vasul închis s-a produs oxigen. Priestley nu s-a grăbit să comunice rezultatul obţinut. El a repetat experienţa o dată şi încă o dată şi a observat că rezultatul rămîne neschimbat. De zece ori la rînd experienţa a dat acelaşi rezultat: plantele aveau deci proprietatea de a purifica atmosfera de „aerul stricat" prin respiraţia animalelor şi prin ardere. Pentru această importantă descoperire, Priestley a primit medalia de aur a Societăţii Regale de Ştiinţe din Londra.

Experimentînd în împrejurimile Londrei, medicul olandez J. Ingen-Housz (1730—1799) a constatat că acţiunea de purificare a aerului de către plantele verzi „începe numai după răsăritul soarelui, se micşorează spre sfîrşitul zilei şi încetează complet noaptea". El mai constată că funcţia de purificare o au numai frunzele şi tulpinile verzi, că organele aeriene absorb „aerul stricat" şi eliberează „aerul bun" şi că plantele respiră la fel ziua şi noaptea. Mai tîrziu, el a arătat că sursa de carbon a plantelor o constituie CO_2.

J. Senebier (1742—1809) şi T. de Saussure (1767—1845), cercetători elveţieni, au arătat că în plantele verzi se produce un schimb de gaze: la lumină plantele iau CO_2 şi elimină oxigen, prin aceasta purificînd atmosfera şi acumulînd biomasă. Absorbţia energiei luminoase de către clorofilă este urmată de încorporarea

ei în substanţele organice sub formă de energie chimică, aceasta fiind pusă în libertate prin descompunerea lor în procesul respiraţiei.

O contribuţie însemnată la lămurirea fotosintezei a adus fizicianul german R. J. Mayer (1814—1878), care a descoperit legea conservării şi transformării energiei (1841), precum şi posibilitatea aplicării ei la organismele vii (1845). El a precizat că plantele nu creează energia, ci doar transformă energia de un anumit tip (solară) în energie de alt tip (chimică).

Botanistul german H. von Mohl (1805—1872) a descris pentru prima dată (1835) organitele din frunză care conţin clorofilă (*cloroplastele*), iar J. Pelletier şi J. B. Caventou au dat pigmentului verde numele de *clorofilă.*

K. A. Timireazev (1843—1920), botanist rus, a studiat de asemenea fotosinteza, arătînd că este singurul fenomen prin care se fixează energia solară pe planeta noastră, el fiind astfel „un fenomen cosmic".

Cu toate că au trecut mai bine de două sute de ani de la descoperirea fotosintezei, mecanismul intim al acestui proces încă nu este pe deplin cunoscut. Dar aspecte importante din desfăşurarea lui au fost descifrate şi progresele ştiinţifice obţinute permit speranţa elucidării lui complete.

Cum arată „laboratorul" plantei verzi. Procesul de fotosinteză are loc în organele verzi ale plantei, la cele superioare prin excelenţă în frunză. Pe drept cuvînt, frunza a fost numită „laboratorul" plantei, deoarece aici se petrece fenomenul prin care, din elemente minerale, cu ajutorul energiei solare, se produc compuşi organici cu potenţial energetic ridicat, care stau la baza tuturor proceselor vitale ale plantelor şi ale celorlalte organisme.

Să facem o scurtă incursiune prin acest „laborator".

La plantele superioare frunza este alcătuită dintr-o parte lățită numită *limb*, o codiță — *peţiol* — și o parte terminală a codiței — *teaca* — cu ajutorul căreia se prinde de ramuri.

Limbul, partea principală a oricărei frunze, are culoarea verde și forme foarte diferite. Datorită vaselor conducătoare care o străbat, prezintă o rețea de nervuri, mai evidentă pe partea inferioară. La unele plante o parte din frunze sau chiar toate sînt modificate — în spini (de exemplu, la salcîm — *Acacia*), în cîrcei (de exemplu la mazăre — *Pisum*), în capcane (de pildă, la planta carnivoră *Nepenthes* (pl. III, fig. 6) — îndeplinind și alte roluri în afară de fotosinteză. Mărimea frunzelor este foarte diferită, de la cîțiva milimetri pînă la 1 m și chiar mai mulți. Unele frunze sînt adevărați uriași. De exemplu, la *Victoria regia* frunza are 2 m în diametru iar la *Gunera scabra*, 3 m. Frunza palmierului brazilian *Raphia taedigera* bate însă recordul, atingînd dimensiunile de 20 m lungime/12 m lățime.

Datorită suprafeței relativ mari a limbului și datorită numărului de obicei mare al frunzelor, plantele realizează o suprafață asimilatoare uimitoare chiar în cazul unor specii cu frunze foarte mici. Astfel, frunzele de pe 1 ha de trifoi totalizează 25 ha, iar la 1 ha de porumb revin circa 12 ha suprafață asimilatoare.

Frunzele sînt adaptate în vederea fixării unei cantități optime de lumină, necesară asimilației clorofiliene. Dispunerea pe tulpină, mărimea, forma, ca și mișcarea lor după poziția sursei de lumină permit captarea de energie luminoasă în funcție de necesitățile plantei. Un exemplu este săgeata apei (*Sagittaria sagittifolia*) care prezintă trei feluri de frunze, modificate după condițiile mediului: sub apă — lanceolate; la suprafața apei — cordate; deasupra apei — în formă de săgeată.

Pe lîngă asimilația clorofiliană, frunza îndeplinește însă și alte funcții: respirație, transpirație, protecție, depozitare de materii organice etc. Alcătuirea internă a frunzei permite realizarea acestor funcții. Privind

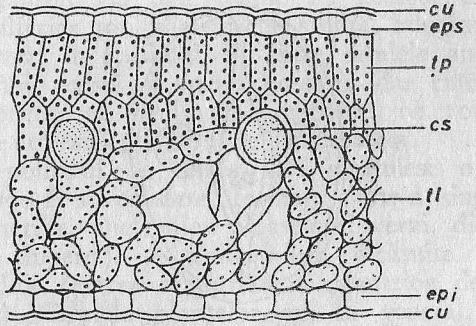


Fig. 1 Secțiune transversală prin limbul frunzei de dafin (*Laurus nobilis*): *cu* — cuticulă; *eps* — epidermă *superioară*; *tp* — țesut palisadic; *cs* — celulă secretoare; *tl* — țesut lacunar; *epi* — epidermă inferioară (după Grințescu).

la microscop o secțiune prin limb, se pot observa mai multe straturi de celule care formează țesuturi (fig. 1). La exterior se află *epiderma* alcătuită, în general, dintr-un singur strat de celule, fără clorofilă (cu excepția plantelor de apă). Pe suprafața epidermei se găsesc unele formațiuni speciale. Printre acestea sînt *perii*, cu rol protector sau secretor, și *stomatele* (fig. 2), care permit schimbul de gaze dintre plantă și atmosferă. Ele pot fi situate pe ambele fețe ale limbului, de exemplu, la porumb (*Zea mays*), pe partea superioară, ca la nufăr (*Nimphea*), dar mai ales pe partea inferioară, ca la liliac (*Syringa vulgaris*). Frunzele acvatice submerse sînt lipsite de stomate, schimbul de gaze cu mediul făcîndu-se pe întreaga suprafață a limbului. Numărul stomatelor este în ge-

neral mare, ajungînd pînă la 30—300/mm² şi chiar mai mult.

Între epiderma superioară şi cea inferioară se găseşte un ţesut format din mai multe straturi de celule,

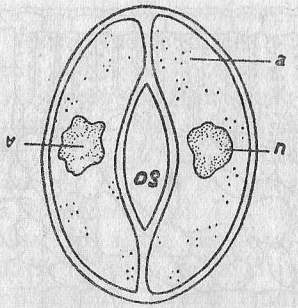


Fig. 2 Secţiune printr-o stomată deschisă de gherghină *(Dahlia variabilis)*: *a* — amidon; *v* — vacuolă; *os* — osteolă; *n* — nucleu (după Razdorski).

foarte bogate în clorofilă, numit mezofil. Straturile de celule dinspre epiderma superioară, care alcătuiesc ţesutul *palisadic*, conţin pînă la 70% din cantitatea de clorofilă, acestea dînd, dealtfel, culoarea verde închisă a frunzelor şi avînd rolul principal în asimilaţia CO_2. Spre epiderma inferioară se găseşte un ţesut *lacunar*, alcătuit tot din celule cu clorofilă, dar care lasă între ele spaţii libere pline cu aer (mai abundente la plantele de apă) şi ţesutul *conducător*, format din *vasele conducătoare libero-lemnoase*, prin care circulă seva conţinînd substanţe organice şi săruri minerale. Aceste vase, care reprezintă nervaţiunea frunzei, sînt continuarea fasciculelor libero-lemnoase din rădăcină, tulpină, ramuri.

Pătrunzînd şi mai adînc în intimitatea „laboratorului" plantei, vom încerca să cunoaştem unitatea de bază în care au loc fenomenele esenţiale ale vieţii plantei, aceasta fiind *celula*.

Au trecut 137 de ani de cînd doi naturalişti germani, botanistul M. J. Schleiden şi zoologul T. Schwan, lucrînd independent unul de celălalt, au emis teoria conform căreia unitatea structurală şi funcţională a oricărui organism viu este celula. La această teorie au subscris ulterior toţi oamenii de ştiinţă, aducînd numeroase dovezi în sprijinul ei. Între celulele animale şi cele vegetale există şi unele deosebiri, dar cum spaţiul nu ne permite să intrăm în amănunte, ne vom referi în cele ce urmează numai la celula vegetală.

După numărul de celule care alcătuiesc o plantă, acestea pot fi *unicelulare*, formate dintr-o singură celulă (bacteriile, unele alge albastre şi verzi, diatomeele şi unele ciuperci), şi *pluricelulare*, alcătuite din mai multe celule (marea majoritate a plantelor de apă şi de uscat). Celulele plantelor au, în general, mărimi microscopice, de 10 pînă la 100 μ (1μ=1/1 000 mm), unele putînd ajunge la dimensiuni macroscopice (care pot fi văzute cu ochiul liber). De exemplu, în fructul de portocal (*Citrus aurantium*) celulele pot atinge 2 cm; în scoarţa tulpinii de in (*Linum usitatissimum*), 7 cm; în fibra de urzică chinezească (*Boehmeria nivea*), 25—50 cm; în unele alge marine, cîţiva metri.

Forma celulelor este foarte diferită, după funcţia pe care o îndeplinesc şi, de asemenea, după compoziţia lor. De exemplu, o celulă cu rol de protecţie se deosebeşte mult de o celulă cu rol asimilator, de o stomată sau de o celulă în care se depozitează substanţe de rezervă. Toate celulele au însă o structură de bază asemănătoare (fig. 3), fiind alcătuite din cîteva componente principale. Cu puţine excepţii, celulele vegetale prezintă la suprafaţa lor un perete *celulozic* (membrană), proprietate prin care se deosebesc de celulele animale. Acesta este căptuşit spre interior cu o membrană *plasmatică* (*plasmalemă*). Pereţii determină forma celulei, legînd celulele în cadrul ţesuturilor. Ei au rol

de protecţie şi permit schimbul de gaze cu mediul înconjurător şi accesul substanţelor minerale nutritive. Această ultimă funcţie se realizează prin nişte prelungiri ale protoplasmei celulare, numite *plasmodesme* (de la gr. *plasma*=formaţiune, substanţă, şi *desma*=legătură), care străbat pereţii celulari şi prin care comunică conţinutul a două celule vecine. La o celulă de ceapă, de exemplu, există 10 000—20 000 de asemenea prelungiri. Plasmodesmele situate pe pereţii celulari externi ai epidermei poartă numele de *ectodesme*.

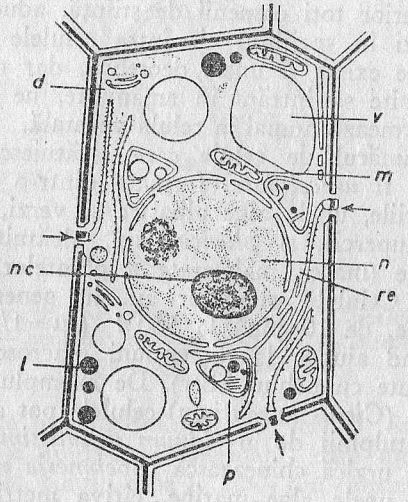


Fig. 3 Schema unei secţiuni printr-o celulă vegetală tînără: *d* — aparatul Golgi (dictiosom); *nc* — nucleol; *l* — lipide; *v* — vacuolă; *m* — mitocondrii; *n* — nucleu; *re* — reticul endoplasmatic; *p* — plastide; → plasmodesme (după Strasburger).

Constituenţii vii ai celulei formează *protoplasma* (protoplastul) în care se includ: citoplasma, reticulul endoplasmatic, ribozomii, nucleul, plastidele, mitocondriile, aparatul Golgi, centrul celular.

Citoplasma (de la gr. *kytos*=cavitate) reprezintă substanţa fundamentală a celulei vegetale în care au loc procesele vitale şi care include toţi ceilalţi constituenţi. Dintre elementele chimice cunoscute, 60 intră în compoziţia citoplasmei. Carbonul, hidrogenul şi oxigenul formează 98%. Unele (cupru, zinc, bor, brom, nichel) se găsesc în cantităţi mici, de aceea se numesc *microelemente* (oligoelemente), altele (aur, argint, cobalt), în cantităţi foarte mici — *ultramicroelemente*. Împreună formează 0,1%, restul de 1,9% revenind altor elemente. În citoplasmă elementele se găsesc sub formă de compuşi organici, mai ales glucide, proteine, lipide, enzime, precum şi sub formă de apă şi substanţe minerale.

Reticulul endoplasmatic a fost pus în evidenţă cu ajutorul microscopului electronic, în 1957. La animale el a fost descris de savantul american de origine română G. E. Palade. Pentru ansamblul cercetărilor sale privind celula, Palade a fost distins cu Premiul Nobel pe anul 1974. Reticulul endoplasmatic se prezintă ca o reţea de tuburi, canalicule şi vezicule care se pare că ar avea rol în circulaţia intracelulară a substanţelor. Pe unele porţiuni ale acestei reţele sau liber în citoplasmă se găsesc *ribozomi* (*granulele lui Palade*), corpusculi sferici care conţin acid ribonucleic (ARN), proteine etc. În ribozomi are loc sinteza proteinelor.

Nucleul este un organit sferic, cilindric, lenticular etc., după forma celulei. Dimensiunile variază după specia de plantă, fiind în general la plantele superioare între 10 şi 50 μ, dar putînd ajunge şi la 100 μ (alga *Acetabularia*) şi, mai rar la 500—600 μ.

Organismele ale căror celule posedă un nucleu bine individualizat poartă numele de *eucariote*. Dintre acestea fac parte unele microorganisme şi toate plantele superioare.

Celulele plantelor superioare conţin cîte un singur nucleu, iar la unele plante inferioare ele sînt multinu-

cleate. La alga *Cladophora*, de exemplu, s-au găsit cîte 100 de nuclee într-o celulă.

Substanța din care este compus nucleul se colorează intens, fiind de aceea numită *cromatină* (de la gr. *chroma*=culoare). În timpul diviziunilor celulare (*mitoză, meioză*), care se desfășoară în mai multe faze, cromatina se dispune sub diferite forme (V, X, U, Y), ce poartă numele de *cromozomi,* vizibili doar la microscop. Forma, mărimea și numărul cromozomilor sînt caracteristice pentru o anumită specie.

Biochimic, cromozomii sînt alcătuiți în mare parte din ADN, acid nucleic cu o structură dublu-spiralată complementară, în care se găsește codificată informația ereditară. Nucleul este totodată și sediul formării unui alt acid nucleic, ARN, cu rol important în sinteza proteinelor specifice. Segmente ale macromoleculei de ADN alcătuiesc *genele*, cele mai mici unități funcționale ale eredității.

Știința care studiază ereditatea și variabilitatea organismelor poartă numele de *genetică* (de la gr. *genesis*=naștere, generare). Această ramură a biologiei generale, care s-a constituit la începutul secolului al XX-lea, a luat o mare dezvoltare în ultimele decenii. Recent s-a descoperit posibilitatea de a transplanta gene de la o specie la alta sau de la un individ la altul în cadrul aceleiași specii. Noile cercetări deschid largi perspective aplicative în agricultură, zootehnie și medicină.

Alte formațiuni structurale ale celulei vegetale sînt *plastidele,* care dau culoarea diferitelor organe ale plantei. Unele sînt incolore iar altele colorate. Cele incolore, numite *leucoplaste* (de la gr. *leukos*=alb), se găsesc în celulele petalelor florilor albe, în tulpini subterane (de exemplu în tuberculul de cartof) etc. Plastidele colorate sînt de două feluri: *cloroplaste* și *cromoplaste.* Acestea din urmă conțin pigmenți numiți *carotenoizi,* care dau culorile roșie și galbenă de diferite nuanțe. Se găsesc

din abundență în celulele unor rădăcini (de exemplu, morcovul), flori și fructe, iar toamna acești pigmenți devin vizibili în frunze, dîndu-le acele minunate nuanțe ruginii care preced căderea lor.

Cloroplastele (de la gr. *chloros*=verde) sînt formațiuni care dau culoarea verde frunzelor și ramurilor tinere, deoarece ele sintetizează și conțin pigmentul verde *clorofila.* Aceasta este singura formațiune vie de pe pămînt care are proprietatea de a capta energia luminii solare, pe care o transferă substanțelor organice sintetizate în celulă cu ajutorul ei. Datorită acestei calități, K. A. Timireazev a numit clorofila „veriga de legătură dintre Soare și Pămînt" (vezi § urm.).

La plantele cu flori o celulă poate conține 20—50 de cloroplaste iar la unele chiar pînă la 100, fiecare dintre ele avînd 3—10 μ în lungime și 0,5—2 μ în grosime.

Mitocondriile (de la gr. *mitos*=fir și *chondriom*=sîmbure mic) sînt constituenți vii de diferite forme, cu rol în procesele energetice ale celulei, fiind sediul respirației.

Se admite că mitocondriile conțin ADN propriu, ribozomi, ceea ce le conferă un rol important și în sinteza proteinelor, independent de nucleu. După unele păreri (J. E. Wallin, 1920; Sagan, 1967; Linn. Margulis, 1971; A. Gaspar-Godfroid, 1973 etc.), mitocondriile ar fi bacterii care trăiesc în simbioză cu celulele animale sau vegetale. O ipoteză asemănătoare a fost emisă și pentru cloroplaste, considerate la origine alge albastre libere.

O formațiune avînd rol în procesele de secreție și excreție este *aparatul Golgi,* descoperit mai întîi la animale și, ulterior, la majoritatea plantelor. Este alcătuit din niște corpusculi lamelari, în formă de săculețe turtite, care servesc, probabil, la depozitarea unor produși ai metabolismului. Se găsesc în toată citoplasma.

La plantele inferioare a fost pus în evidenţă şi un *centru celular*, format din unul sau mai mulţi corpusculi, cu rol în diviziunea celulară.

Clorofila, verigă indispensabilă între Soare şi materia vie de pe Pămînt; alţi pigmenţi cu rol în fotosinteză. Clorofila, pigmentul verde cu rol esenţial în fotosinteză, se formează în cloroplaste care, aşa cum am văzut mai sus, sînt un constituent specific al celulei vegetale verzi, important sediu al fotosintezei.

Cloroplastele sînt formaţiuni sferice, ovale, lenticulare etc. care se găsesc în toate organele verzi ale plantei. În anumite limite, mărimea lor este constantă pentru acelaşi tip de celule, dar variază în funcţie de unele condiţii. De exemplu, la plantele din umbră, cloroplastele sînt mai mari şi conţin o cantitate mai abundentă de clorofilă decît la plantele crescute la lumină. De asemenea, ele sînt mai mari la algele verzi (unde se află în număr de 2—3 sau unul sin-

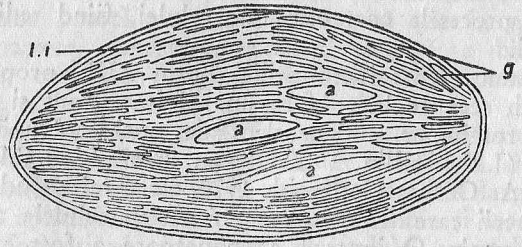


Fig. 4 Imagine inframicroscopică a unui cloroplast: *a* — amidon; *g* — grane; *l.i.* — lamele intergranale (după Mühlethaler şi Frey-Wyssling).

gur) şi mai mici la cele brune. S-au observat modificări şi după vîrsta plantei. Pe 1 mm² de frunză de ricin (*Ricinus communis*) se găsesc circa 400 000 de cloroplaste. Fiind formaţiuni vii, cloroplastele se deplasează (activ şi pasiv), în funcţie de intensitatea sursei

luminoase. Structura cloroplastului a putut fi observată cu ajutorul microscopului electronic (fig. 4) şi a fost descrisă de S. Strugger şi G. E. Palade.

Compoziţia chimică (tabelul 3) a unui cloroplast este foarte complexă, fiind pusă în evidenţă prin metode de ultracentrifugare diferenţiată.

Datorită conţinutului relativ mare de acizi nucleici, cloroplastul prezintă o anumită autonomie în celulă. În acelaşi sens pledează şi capacitatea cloroplastului de a sintetiza proteine şi de a se reproduce.

Aşa după cum reiese din tabelul 3, cloroplastele conţin mai mulţi pigmenţi cu rol în hrănirea plantei. Cel mai important însă este *clorofila*, care, aflîndu-se într-o

Tabelul 3

Compoziţia chimică a cloroplastului din plantele superioare

Substanţa	Conţinutul în substanţă, în % din greutatea uscată	Componenţi chimici
Proteine	35—55	
Lipide	20—30	
Glucide	variază	amidon etc.
Pigmenţi		
— clorofilă	9	clorofila a=75%
		clorofila b=25%
— carotenoizi	4,5	xantofilă =75%
		caroten =25%
Acizi organici		
Acizi nucleici		
— ARN	2,4	
— ADN	0,5	
Aminoacizi		
Vitamine (K, E)		
Enzime		
Elemente minerale (magneziu, fier, mangan, cupru, zinc).		

cantitate mai mare, îi maschează pe ceilalţi (xantofila şi carotenul) care au o compoziţie asemănătoare vitaminei A. Spre toamnă, pe măsura reducerii intensităţii radiaţiilor luminoase, conţinutul de clorofilă scade şi atunci devin vizibile culorile galben-roşcat-ruginiu, date de xantofilă şi caroten.

La alge (cu excepţia celor verzi), dimpotrivă, clorofila este mascată de alţi pigmenţi cu rol în asimilaţie: la algele brune, de *fucoxantină*, la algele roşii, de *ficoeritrină*, iar la cele albastre, de *ficocianină*. Sub acţiunea unor factori externi, grăuncioarele de clorofilă îşi modifică structura, mărimea şi intensitatea funcţiei.

Pentru prima dată clorofila a fost extrasă din frunzele verzi de către cercetătorul englez N. Grew (1641—1712), în anul 1682. Numele de clorofilă (de la gr. *chloros*=verde şi *phyllum*=frunză) însă i-a fost dat, aşa cum am menţionat mai sus, de doi naturalişti francezi, Pelletier şi Caventou, în 1830. Mult mai tîrziu, în 1913—1918, Willstätter reuşeşte să izoleze clorofila şi să-i stabilească compoziţia şi proprietăţile.

Contribuţii însemnate la cunoaşterea clorofilei au adus numeroşi cercetători, printre care R. B. Woodard, care a realizat sinteza acestui pigment în laborator (1960). Dar clorofila nu este un pigment unic. Datorită metodelor moderne de cercetare, au putut fi separaţi mai mulţi pigmenţi clorofilieni: clorofila a, clorofila b, bacterioclorofila şi bacterioviridina.

$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$; Clorofila a — $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ Clorofila b

Cu excepţia bacteriilor, clorofila a se găseşte în toate plantele care realizează fotosinteza, într-o cantitate predominantă faţă de clorofila b (2/0,7). Deşi au formule chimice asemănătoare, nu se pot transforma una în alta, raportul dintre ele rămînînd, în general, constant.

Clorofila se poate dizolva în solvenţi organici (alcool etilic etc.), are proprietăţi reducătoare, iar ca structură chimică (fig. 5) se aseamănă cu *hemul* din *hemoglobină*, pigmentul respirator din globulele roşii sanguine, care însă are proprietăţi oxidante. Aceasta constituie o dovadă a unităţii de structură şi de origine a vieţuitoarelor de pe Pămînt. Principala proprietate optică a clorofilei este aceea de a fixa anumite radiaţii luminoase (roşii şi albastre), deci absorbţia energiei luminoase. O altă proprietate este fluorescenţa, adică însuşirea de a emite o parte din lumina absorbită, cea emisă avînd însă o lungime de undă mai mare decît cea absorbită. Astfel, o soluţie de clorofilă privită prin transparenţă apare verde, iar prin reflexie, roşie. Fotooxidaţia este o altă însuşire a clorofilei — de a schimba culoarea la lumină. Proprietatea apare mai ales la cloro-

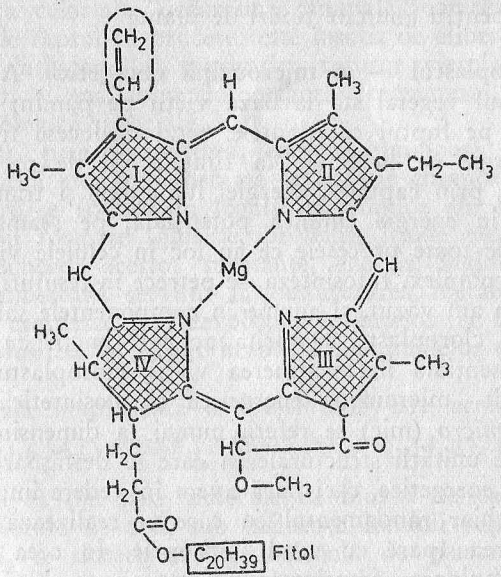


Fig. 5 Formula structurală a clorofilei a.

fila extrasă din frunze, în soluţie şi în contact cu aerul ea devenind cu timpul brună. Lumina accelerează acest proces într-un mod considerabil. În stare naturală fenomenul se întîlneşte uneori iarna, la frunzele persistente ale arborilor.

Un alt pigment clorofilian este *bacterioclorofila*, care se găseşte, aşa cum arată numele, în anumite tipuri de bacterii (sulfuroase, verzi şi purpurii). În sfîrşit, *bacterioviridina* se întîlneşte în bacteriile sulfuroase verzi.

Procesul de formare a pigmenţilor clorofilieni (biosinteza lor) este influenţat de numeroşi factori externi şi interni: oxigen, glucide, săruri minerale, lumină, temperatură, substanţe toxice etc. În condiţii favorabile, cantitatea şi raportul dintre aceşti pigmenţi rămîn constante pentru anumite tipuri de plante.

Cloroplastul — o microuzină energetică. Afirmaţia că regnul vegetal stă la baza vieţii pe pămînt se întemeiază pe faptul că plantele verzi mijlocesc transferul de energie de la Soare la fiinţele vii de pe planeta noastră, prin captarea energiei luminoase şi transformarea ei în energie chimică potenţială, pe seama căreia se petrec toate procesele ce au loc în celulele vii. Acest proces complex, fotosinteza, se petrece în ţesuturile verzi, aşa cum am văzut, şi anume în componentele sale specifice, în cloroplaste. Datorită acestei funcţii cu importanţă esenţială în menţinerea vieţii, cloroplastul poate fi numit „microuzină energetică şi biosintetică". Termenul *micro* (mic) se referă numai la dimensiunile reduse ale unităţii structurale în care se desfăşoară aceste procese energetice, căci dacă avem în vedere importanţa lor şi chiar randamentul cu care se realizează, atunci denumirea apare cu totul improprie. În ceea ce priveşte amploarea fotosintezei în natură, ea depăşeşte de cca. 100 de ori amploarea tuturor transformărilor or-

ganizate şi dirijate de om (sub formă de combustibil sau de energie hidraulică la un loc).

Într-adevăr, cifrele prin care se exprimă cantitatea de substanţe formate prin fotosinteză sînt de-a dreptul uimitoare. Din suprafaţa totală a pămîntului, de circa 510 milioane km^2, 150 milioane km^2 reprezintă uscatul, restul fiind acoperit de mări şi oceane. Specialiştii au calculat că masa plantelor submerse este, în medie, de 3—4 t/ha, iar aceea a plantelor terestre, de 6—10 t/ha. Rezultă că substanţele organice realizate prin fotosinteză într-un an pe întreaga suprafaţă a pămîntului conţin $3{,}8 \times 10^{10}$ t carbon.

Ţinînd seama de utilitatea substanţelor organice pentru viaţa celorlalte organisme (animale, oameni), precum şi de faptul că procesul este însoţit de eliberarea de oxigen, indispensabil respiraţiei tuturor vieţuitoarelor, înţelegem şi mai bine importanţa fotosintezei pentru viaţa biologică şi socială.

Aşadar, prin fotosinteză, energia luminoasă captată de clorofilă este transformată în energie chimică potenţială care se fixează în legăturile chimice ale substanţelor nou formate (glucide, proteine, lipide etc.). Prin descompunerea acestor substanţe, energia înglobată în ele se eliberează servind la desfăşurarea metabolismului, la creşterea şi dezvoltarea plantelor şi indirect (prin folosirea lor drept hrană) ale animalelor şi omului.

Formula simplificată a fotosintezei este următoarea:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow[\text{clorofilă}]{\text{energie luminoasă } (h\nu)} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Reiese că din şase molecule de bioxid de carbon şi şase molecule de apă, sub influenţa luminii captate de clorofilă, se sintetizează o moleculă de glucoză (glucid), cu eliberarea a şase molecule de oxigen. Produşii primari ai fotosintezei, glucidele sau zaharurile, sînt folosiţi fie ca material de construcţie a noilor celule vii,

fie ca substanţe energetice de rezervă, care se depun (ca atare sau într-o formă modificată) în diferite organe ale plantei: rădăcini (morcovi, sfeclă de zahăr etc.), tulpini subterane (tuberculi de cartofi, bulbi etc.), frunze, fructe.

Pe baza folosirii unor metode moderne de cercetare (izotopi radioactivi etc.) s-a stabilit că oxigenul eliberat de plante în timpul fotosintezei nu provine din bioxidul de carbon absorbit, cum se credea greşit pînă de curînd, ci din apă. Procesul de descompunere a acesteia are loc numai cu ajutorul luminii, de aceea el a fost numit *fotoliza* apei. Ea decurge astfel:

$$CO_2 + 2\,H_2O^* \xrightarrow[\text{clorofilă}]{h\upsilon} H_2O + O_2^* + (CH_2O)_n$$

Se observă că oxigenul marcat (O*) care intră în componenţa apei se regăseşte sub forma moleculei de oxigen eliberate. Dar în cloroplast procesul este mult mai complex. Pe baza a numeroase experienţe şi cercetări de biochimie şi fiziologie vegetală, s-a stabilit că fotosinteza se desfăşoară în două etape:

1) *Faza de lumină,* în care clorofila captează particule ale radiaţiilor luminoase (cuante sau fotoni=$h\upsilon$) şi are loc fotoliza apei;

2) *Faza de întuneric sau termochimică,* în care se produce integrarea CO_2 absorbit din aer, în substanţe organice deja existente în cloroplaste, şi sinteza noilor compuşi organici (glucide, proteine, lipide etc.).

În *faza de lumină* clorofila captează cuante de energie luminoasă şi trece într-o stare de excitare, adică devine instabilă, reactivă. În această stare fotoactivată molecula de clorofilă cedează surplusul de energie unei alte substanţe, numită acceptoare. În urma cedării de electroni (e^-), clorofila revine la nivelul energetic iniţial, fiind capabilă să capteze iarăşi energie solară. Astfel, clorofila este, pe rînd, acceptoare şi donatoare de electroni.

O bună parte din energia luminii captate se transformă în energie chimică: cînd cantitatea acestei energii eliberate este de circa 7000—8000 calorii/mol, în cloroplast se formează o moleculă de adenozintrifosfat (ATP) din adenozindifosfat (ADP). Procesul, un complex de reacţii chimice, se numeşte *fotofosforilare.* ATP este un compus *macroergic,* adică conţine în legăturile sale chimice o mare cantitate de energie, ce constituie sursa din care se alimentează diferitele reacţii ulterioare care stau la baza funcţiilor vitale. ATP îndeplineşte deci funcţia de depozitar şi de transportor de energie. În

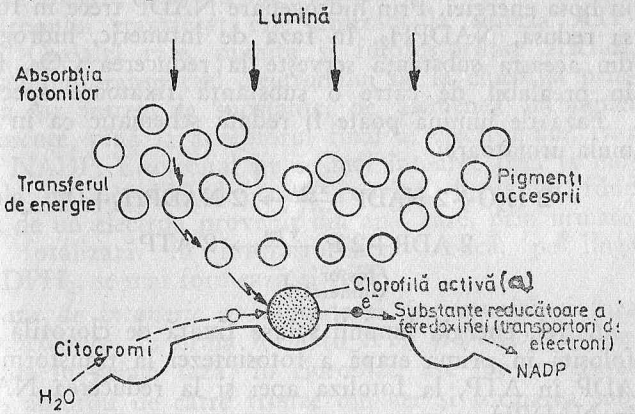


Fig. 6 Model al centrului de captare a energiei luminoase (după Hess, 1972).

paranteză fie spus, el are acelaşi rol de rezervor energetic şi în regnul animal, aceasta fiind o altă dovadă a unităţii materiale a lumii vii, a unităţii mecanismelor fundamentale moleculare şi submoleculare.

În afara clorofilei a, la captarea luminii mai participă şi alţi pigmenţi, şi anume clorofila b şi carotenoizii. Aceşti pigmenţi, numiţi *accesorii,* cedează energia absorbită clorofilei a, care este considerată pigmentul *activ*

în reacţiile de lumină ale fotosintezei (fig. 6). Se admite că proporţia dintre pigmentul activ şi pigmenţii accesorii ar fi de 1/400 molecule.

Oxigenul rezultat din fotoliza apei se elimină în aer, servind — în principal — la respiraţia vieţuitoarelor. Cu ajutorul unei alte părţi din energia luminoasă captată, hidrogenul provenit din fotoliza apei este preluat de o substanţă care joacă rolul de acceptor de hidrogen: nicotinadenindinucleotidfosfatul (NADP). De observat că nici o mişcare a materiei vii nu se face în lipsa energiei. Prin hidrogenare NADP trece în forma sa redusă, $NADPH_2$. În faza de întuneric, hidrogenul din această substanţă serveşte la reducerea CO_2, fixat în prealabil de către o substanţă fixatoare specială.

Faza de lumină poate fi redată schematic ca în formula următoare:

$$2\,H_2O + 2\,NADP \xrightarrow{x\,h\nu} 2\,NADPH_2 + O_2$$

$$2\,ADP + 2\,P \xrightarrow[(\text{fosfor mineral})]{y\,h\nu} 2\,ATP$$

Astfel, energia luminii solare fixată de clorofilă este folosită în prima etapă a fotosintezei la transformarea ADP în ATP, la fotoliza apei şi la reducerea NADP în $NADPH_2$.

În procesul de fotoliză a apei rezultă radicali liberi de OH^-. Din radicalii OH^- se formează oxigenul molecular, care se elimină, şi se reface o moleculă de apă.

Formarea ATP are loc şi în mitocondrii, ea realizîndu-se aici pe seama energiei provenite din procesele de oxidare respiratorie (fosforilare oxidativă). Cantitatea de ATP format în aceste organite celulare este estimată a fi de treizeci de ori mai mică decît cea a ATP-ului format în cloroplastele iluminate.

Căile de transport al electronilor în procesul fotosintezei sînt incomplet cunoscute, dar se ştie că la realizarea acestui transport participă diferite substanţe: vitamina K, FRD, citocromii etc.

Sînt cunoscute două căi de transport al electronului expulzat din molecula clorofilei de către lumină. Una dintre aceste căi, denumită fotofosforilare ciclică, constă în transportarea electronului de la clorofilă printr-un şir de substanţe, mai mult sau mai puţin cunoscute, şi din nou înapoi la clorofilă. În acest proces nu se formează oxigen, neavînd loc fotoliza apei. Toată energia electronului transferat este utilizată la sinteza ATP-ului. Cealaltă cale, numită şi fotofosforilare aciclică, constă din transportul electronului de la clorofilă printr-un şir întreg de substanţe, de asemenea incomplet cunoscute, pînă la acceptorul final al electronului, care este NADP. Electronul nu se mai întoarce deci la molecula de clorofilă din care provine, locul lui fiind luat de un electron provenit din apă, care, prin urmare, este fotolizată. În fotofosforilarea ciclică, pe lîngă $NADPH_2$, se mai formează şi ATP.

Faza de întuneric a fotosintezei este numită şi faza *termochimică*. În urma formării ATP şi $NADPH_2$ (petrecute în prima fază) în cloroplast are loc integrarea CO_2 absorbit de către frunze din aer şi formarea substanţelor organice. Folosindu-se metoda izotopilor radioactivi, s-a stabilit că CO_2 se încorporează mai întîi într-o substanţă organică din cloroplast.

Într-o fază ulterioară, se sintetizează, pe seama energiei înglobate în ATP, *aldehida 3-fosfoglicerică*. Această substanţă stă la baza sintezei glucidelor (fructoza, glucoza, zaharoza şi diferite poliglucide, de exemplu amidonul). Deoarece reacţiile se desfăşoară în cerc şi au fost puse în evidenţă de M. Calvin, ele mai sînt numite, pe scurt, *ciclul lui Calvin*.

S-a stabilit experimental că din cantitatea totală de CO_2 asimilat 1/3 trece în aminoacizi şi ulterior în proteine. Celelalte 2/3 participă la sinteza glucidelor.

Calitatea şi cantitatea substanţelor organice formate în fotosinteză depind în mare măsură de nutriţia minerală a plantelor. Cînd sărurile minerale absorbite de plante conţin puţin azot, în fotosinteză se formează aproape exclusiv glucide. Cînd cantitatea de azot este îndestulătoare, plantele sintetizează substanţe proteice în proporţie de circa 30% din cantitatea totală de substanţe organice formate. Folosind izotopi radioactivi, s-a observat că utilizarea carbonului diferă după specia de plantă. La unele, cantitatea maximă de carbon trece în substanţele proteice, pe cînd la altele, în glucide.

De asemenea, sinteza substanţelor organice diferă după lungimea de undă (l. u.) a radiaţiilor luminoase. La radiaţiile roşii cu l. u. de 580—700 mμ se produce preponderent sinteza glucidelor, în timp ce sinteza proteinelor şi a acizilor organici se desfăşoară mai intens sub influenţa radiaţiilor cu l. u. de 450—575 mμ.

Tot în faza de întuneric se formează lipidele, prin reacţii de sinteză în care participă o mare cantitate de hidrogen, eliberată de $NADPH_2$.

Randamentul fotosintezei. În laborator fotosinteza poate avea loc folosindu-se orice sursă de lumină, dar în natură ea se desfăşoară sub influenţa luminii solare. Într-o secundă, Soarele iradiază o cantitate de energie de 9×10^{22} kcal, ceea ce echivalează cu energia ce s-ar putea obţine prin arderea a 11 milioane de miliarde tone de cărbune. Ţinînd seama că energia solară îşi are izvorul în reacţiile nucleare ce se petrec permanent în Soare, se poate considera că rezerva de energie solară este practic inepuizabilă. Aşadar, cel puţin din acest punct de vedere, omenirea poate să fie liniştită: nici cei mai pesimişti viitorologi nu întrevăd secarea

izvorului natural de energie care întreţine viaţa pe Pămînt!

Datorită distanţei imense de la Soare la Pămînt, planeta noastră nu poate capta însă decît *a şasea miliarda parte* din cantitatea totală de energie iradiată de Soare. Aceasta echivalează cu 180 bilioane kw/oră, corespunzînd energiei produse de 54 de miliarde de maşini cu abur, a cîte 400 CP (cai putere), care ar funcţiona fără încetare, zi şi noapte.

Intensitatea radiaţiilor luminoase scade pe măsură ce ele străbat atmosfera şi mai ales dacă aceasta prezintă un grad ridicat de impurităţi (fig. 7). S-a calculat că în orele cele mai calde ale unei zile senine de vară, pe suprafaţa planetei noastre cad 1,2—1,3 cal/cm²/min de energie solară. Cu cît radiaţiile cad mai perpendicular, cu atît intensitatea lor este mai mare.

Dar în procesul de fotosinteză nu acţionează toate radiaţiile solare, ci numai radiaţiile vizibile, cu lungimea de undă de 390—760 mμ. Acestea sînt numite radiaţii active în fotosinteză şi reprezintă 40—50% din întreaga energie căzută pe Pămînt. Radiaţiile ultraviolete şi infraroşii sînt inactive în fotosinteză.

Dintre radiaţiile incidente care cad asupra celulelor verzi, o parte sînt reflectate, o parte străbat celulele, dar cea mai mare parte (80%) sînt absorbite de celule. Dar dintre acestea, numai circa 1% sînt folosite în fotosinteză. Cantitatea de lumină absorbită depinde de numărul de cloroplaste şi de conţinutul lor în clorofilă, de poziţia frunzelor faţă de radiaţii. În vederea obţinerii unei cantităţi optime de energie, plantele se adaptează permanent la direcţia de propagare a luminii: prin mobilitatea peţiolului (*fototropism*), prin variaţia suprafeţei limbului (mai mică la cele situate în partea superioară a plantei şi mai mare la cele din nivelele inferioare), prin mişcarea cloroplastelor în celule etc. Există plante care excelează în mijloace de adaptare pentru obţinerea unei

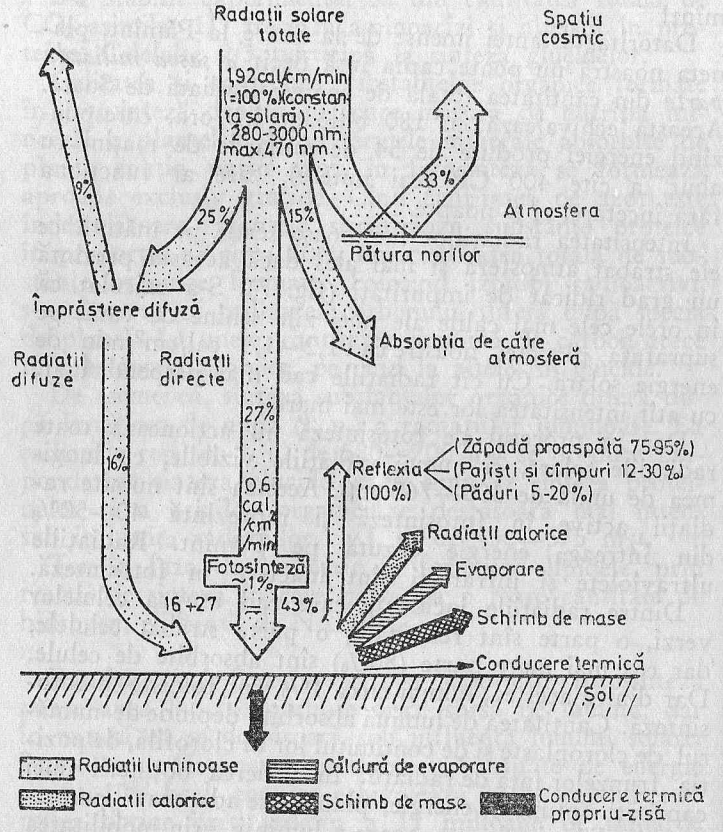


Fig. 7 Reprezentare schematică a părții de energie disponibilă pentru fotosinteză din radiația solară totală (din cele $6,3 \cdot 10^{20}$ kcal/an 9,3% cad pe pustiuri, 20% cad pe păduri, terenuri cultivate și stepe, 70% cad pe mări) (după Hoffmann, 1975).

cantități optime de energie luminoasă, numite plante-busolă, de exemplu *Lactuca scariola*, care are frunzele orientate paralel pe direcția N—S.

Ca și în alte reacții de transformare a energiei, randamentul fotosintezei este mai mic de 100%, deoarece procesul se petrece cu pierderi de energie sub formă de căldură. Randamentul fotosintezei variază după specia de plantă.

Experimentînd în laborator, unii oameni de știință au găsit un randament de 100%: biochimistul german O. H. Warburg (1883—1970) și Negelein; la noi în țară, prof. N. Sălăgeanu a găsit la vița de vie 27,2%, iar la tei, 31,5%.

Factori care influențează fotosinteza. Intensitatea fotosintezei diferă în funcție de condițiile în care se desfășoară. Printre principalii factori externi care o influențează sînt: intensitatea luminii, compoziția spectrală, temperatura, bioxidul de carbon, apa și sărurile minerale.

Deoarece fotosinteza implică existența energiei luminoase, este firesc ca ea să fie influențată de *intensitatea luminii*. În general, radiațiile luminoase au o intensitate diferită după lungimea lor de undă, după grosimea stratului de aer pe care trebuie să-l străbată și după gradul de transparență a atmosferei. Norii și diferitele impurități din atmosferă o reduc foarte mult. Pînă la atingerea unui prag optim, intensitatea fotosintezei crește direct proporțional cu cea a luminii. Lumina prea puternică dăunează fotosintezei putînd determina distrugerea cloroplastelor. Dacă însă plantele dispun de o rezervă mai mare de CO_2, ele sînt mai rezistente la intensitatea mare a luminii.

Plantele spontane, pentru a desfășura fotosinteza cu o intensitate maximă, necesită o cantitate de 7 pînă la 15 mg CO_2/dm^2/oră, iar plantele cultivate, 20 mg

CO_2/dm^2/oră. Mușchii, lichenii și algele necesită cantități mult mai mici de CO_2.

În condițiile unei lumini slabe, în mersul fotosintezei există un punct la care cantitatea de oxigen eliminată prin fotosinteză este egală cu cantitatea de bioxid de carbon eliberat în respirație. Acest punct se cheamă punct de compensație.

Un factor care influențează fotosinteza este *compoziția spectrală* a luminii. Din rezultatele obținute în numeroase experiențe se consideră că intensitatea maximă a fotosintezei la plantele superioare se realizează în lumina roșie-portocalie cu lungimea de undă de aproximativ 640 mμ.

Proporția dintre diferitele radiații solare care ajung la suprafața pămîntului diferă în decursul unui an și chiar în decursul unei zile (24 ore). Structura frunzelor determină reflectarea de mai multe ori a radiațiilor luminoase, ceea ce favorizează absorbția lor într-o proporție mai mare.

Pentru plantele terestre din lumină intensă lungimea de undă a radiațiilor nu joacă un rol important, deoarece plantele dispun de toate radiațiile necesare unei bune fotosinteze. În schimb, plantele submerse de mare adîncime, la care ajung puține radiații roșii, absorb mai ales radiațiile verzi și albastre. La aceste plante s-au format sisteme de pigmenți suplimentari care le permit absorbția acelor radiații care pătrund pînă la ele.

Algele verzi și brune, care trăiesc la adîncime mai mică, utilizează în fotosinteză mai ales radiațiile roșii.

Plantele asimilează în mod diferit în funcție de *temperatură*. În general, fotosinteza începe la aproximativ 0°C, crește paralel cu temperatura pînă la 25—35°C, apoi scade destul de rapid, oprindu-se aproape complet la 45—52°C. Necesitățile plantelor față de temperatură sînt foarte diferite. De exemplu, pentru lichenul renului, temperatura optimă este de 15°C, iar la algele

albastre care trăiesc în ape termale, de 40—50°C. Coniferele fotosintetizează și la temperaturi mai scăzute, de —3 sau —4°C. La fel se întîmplă și în cazul cerealelor de toamnă.

La temperaturi nefavorabile cloroplastele devin inactive, structura și funcția lor, ca și cele ale enzimelor cu rol în fotosinteză, se modifică. Aceste modificări se datoresc influenței temperaturii mai ales asupra enzimelor legate de reacțiile (termochimice) din faza de întuneric a fotosintezei. Temperatura prea scăzută sau prea ridicată poate determina moartea plantelor.

Așa după cum am văzut deja, un factor important care influențează fotosinteza este *bioxidul de carbon*, întrucît el reprezintă sursa de carbon, element de bază în nutriția plantelor.

Cantitatea de CO_2 din atmosferă este, în general, constantă: 0,03% (cu unele variații locale și temporare), deoarece între procesele consumatoare de CO_2 (fotosinteza) și procesele producătoare (în principal, respirația viețuitoarelor) există un echilibru. Se mai produce CO_2 prin erupțiile vulcanice, prin unele arderi industriale etc.

În apă CO_2 se găsește dizolvat și combinat sub formă de carbonați și bicarbonați.

Bioxidul de carbon pătrunde în plante prin epiderma frunzelor, și mai ales prin stomate. De asemenea, absorbția CO_2 este determinată și de numărul cloroplastelor. S-a stabilit că la fag, de exemplu, suprafața cloroplastelor dintr-o frunză depășește de circa 200 de ori suprafața frunzei respective.

În aerul din sol se găsește o cantitate mai mare de CO_2 decît în cel de deasupra solului. Aceasta se datorește respirației rădăcinilor și microorganismelor din sol.

Plantele submerse sînt lipsite de cuticulă, ceea ce permite pătrunderea CO_2 pe toată suprafața țesuturilor verzi.

Cînd cantitatea de CO_2 din aer depăşeşte concentraţia de 10—20%, acesta devine toxic pentru plante.

Printre altele, folosirea gunoiului de grajd în răsadniţe se bazează şi pe faptul că fotosinteza poate fi stimulată, pînă la un punct, de creşterea cantităţii de CO_2 din aer. În gunoiul de grajd, CO_2 este produs prin respiraţia microorganismelor care efectuează descompunerea resturilor organice.

Apa reprezintă un factor esenţial pentru desfăşurarea fotosintezei, fiind atît materie primă pentru fotosinteză, cît şi o condiţie a existenţei materiei vii, în general.

Se consideră că la plantele terestre, intensitatea maximă a fotosintezei se obţine în condiţiile unei umidităţi de 70—80% din capacitatea solului pentru apă. Plantele insuficient aprovizionate cu apă îşi micşorează intensitatea fotosintezei şi încetează să mai fotosintetizeze cînd deficitul de apă devine critic pentru existenţa plantei. Oprirea fotosintezei în acest caz este precedată de creşterea viscozităţii protoplasmei celulare şi de alte modificări funcţionale. În zilele foarte călduroase, cînd plantele sînt în deficit de apă, intensitatea fotosintezei scade foarte mult, iar respiraţia se intensifică. De aici necesitatea unei bune aprovizionări cu apă a plantelor de cultură, prin irigaţii.

Un alt factor deosebit de important care influenţează fotosinteza îl constituie *sărurile minerale*. Cerinţele plantelor faţă de sărurile minerale sînt diferite. Acelaşi element, unor plante le este necesar într-o cantitate mai mare, altora — într-o cantitate mai mică. De exemplu, calciul: pentru algele unicelulare este un microelement, pentru plantele superioare este un macroelement. Unele elemente sau unii ioni acţionează direct asupra fotosintezei (ionul fosfat, manganul), altele indirect (ionul sulfat, azotat, potasiul etc.). Carenţa de mangan, potasiu, fosfor, sodiu, magneziu, fier şi siliciu provoacă o micşorare a intensităţii fotosintezei.

Unele substanţe sînt foarte toxice pentru plante, de pildă, $HgCl_2$, chiar în concentraţii foarte mici.

Sulful intră în constituţia mai multor aminoacizi (cisteină, cistină, metionină) şi a unor vitamine (tiamina sau vitamina B_1, biotina sau vitamina H). În lipsa sulfului, plantele devin clorotice, adică se îngălbenesc. Fosforul (sub formă de fosfat) participă în fotosinteză la procesele de fosforilare şi în transferul de energie, de aceea este absolut necesar, ca şi magneziul care intră în componenţa moleculei de clorofilă.

Dintre microelementele indispensabile în procesul de fotosinteză sînt: fier, mangan, cupru, zinc, molibden, vanadiu, bor.

Lipsa fierului cauzează cloroza plantelor, ceea ce dovedeşte că el participă la sinteza pigmenţilor clorofilieni. Concentraţiile mari de fier sînt toxice pentru plante, dar pot fi contracarate de mangan. Prezenţa în exces a altor microelemente poate împiedica absorbţia fierului. Carenţa manganului duce, de asemenea, la apariţia clorozei plantelor, ceea ce arată participarea lui directă în fotosinteză. Lipsa cuprului determină inhibarea fotosintezei, prin imposibilitatea de a se sintetiza unele enzime în constituţia cărora intră acest element. Cloroza plantelor poate fi cauzată şi de lipsa zincului, care intră în componenţa cloroplastelor.

Cunoscînd necesităţile plantelor în macro- şi microelemente, omul poate preveni apariţia unor carenţe prin folosirea diferitelor îngrăşăminte.

Substanţele sintetizate în procesul de fotosinteză influenţează la rîndul lor intensitatea acesteia. De exemplu, dacă în frunză se acumulează cantităţi mai mari de glucide, acestea determină creşterea viscozităţii citoplasmei şi, în final, oprirea fotosintezei.

Substanţele toxice (acidul fluorhidric, hidrogenul sulfurat, fumul etc.) inhibă procesul fotosintezei. Aceeaşi acţiune au cloroformul şi eterul, alcoolul etilic, cianura

de potasiu etc. Ţinînd seama de acest comportament al plantelor în situaţia unei atmosfere poluate, se impune luarea măsurilor necesare pentru menţinerea condiţiilor optime în care plantele să asimileze cu maximum de randament.

Dar intensitatea fotosintezei este influenţată şi de o serie de factori interni: integritatea celulară, starea protoplasmei, cantitatea de apă din frunze, cantitatea de clorofilă din frunze, vîrsta frunzelor etc. Astfel, dacă frunzele sînt înţepate sau rănite fotosinteza încetineşte, iar dacă aceste răniri sînt de mai mare întindere procesul se opreşte complet, ceea ce duce la moartea plantelor. În celulele moarte fotosinteza nu are loc.

Integritatea celulară poate fi afectată şi de diferiţi paraziţi: insecte, ciuperci, bacterii, virusuri. Acţiunea agenţilor patogeni determină, de asemenea, reducerea fotosintezei şi chiar oprirea ei.

Starea protoplasmei este în strînsă legătură cu aprovizionarea plantei cu apă. Dacă planta este în deficit de apă, reacţiile chimice care alcătuiesc procesul fotosintezei nu pot avea loc.

Intensitatea fotosintezei depinde şi de cantitatea de clorofilă din frunze, precum şi de vîrsta frunzelor. În frunzele mature fotosinteza are valori mai ridicate, iar în frunzele foarte tinere şi în cele bătrîne procesul este redus. La frunzele care trăiesc mai mulţi ani (conifere), fotosinteza este mai intensă în primul an.

Variaţiile ecologice ale fotosintezei. În decurs de 24 de ore ritmul fotosintezei este diferit şi nu urmează întocmai intensitatea radiaţiilor luminoase. Într-o zi senină de vară fotosinteza plantelor terestre este mai intensă în prima jumătate a zilei şi mai redusă în a doua, datorită, în parte, acumulării în cloroplaste şi în restul celulei a substanţelor organice deja sintetizate. La plantele submerse de adîncime mai mare fotosinteza decurge uniform în tot timpul unei zile. Dar plantele submerse de mică adîncime prezintă şi ele o reducere a fotosintezei la mijlocul zilei. Explicaţia este aceeaşi ca şi în cazul plantelor terestre: substanţele organice deja formate determină probabil deshidratarea protoplasmei (inclusiv a cloroplastelor) şi implicit reducerea fotosintezei.

Lichenii realizează fotosinteza cu o intensitate mult mai redusă decît plantele superioare, întrucît această funcţie revine exclusiv algei. De asemenea, din cauza substratului arid pe care trăiesc în general lichenii, aprovizionarea cu apă şi săruri minerale este deficitară. Intensitatea maximă a fotosintezei corespunde unei aprovizionări optime cu apă. Lichenii, mai mult decît alte plante, pot trăi timp îndelungat doar pe baza apei provenite din roua din timpul nopţii. De asemenea, lichenii s-au adaptat să fotosintetizeze chiar şi la o temperatură foarte scăzută, de —10°C.

La muşchi, fotosinteza este de 12—20 de ori mai redusă decît la plantele superioare, ceea ce se explică, la fel ca şi în cazul lichenilor, printr-o proastă aprovizionare cu apă şi săruri minerale, datorită condiţiilor nefavorabile în care trăiesc. Muşchii prezintă o mare rezistenţă la uscăciune, supravieţuind unui grad avansat de deshidratare, chiar 2—3 luni. Ei realizează fotosinteza la temperaturi scăzute, de pînă la —6°C.

Aşa cum am menţionat într-un alt paragraf, există şi unele tipuri de bacterii capabile de o nutriţie autotrofă, dar în ansamblul plantelor autotrofe ponderea lor este foarte mică. Dintre acestea sînt: bacterii sulfuroase verzi sau clorobacterii (de exemplu *Clorobium* şi *Chloropseudomonas*); bacterii sulfuroase purpurii sau tiorodacee (de exemplu, *Chromatium* şi *Thiospirillum*); bacterii purpurii lipsite de sulf sau atiorodacee (de exemplu, *Rhodospirillum, Rhodopseudomonas*).

Între fotosinteză și respirație există o strînsă legătură. În fotosinteză se absoarbe CO_2 și H_2O, se eliberează O_2, și se integrează energie în substanțele organice, în timp ce în respirație lucrurile se petrec exact invers: se consumă (descompun) substanțe organice, se eliberează energie chimică liberă, se absoarbe oxigen și se produc CO_2 și H_2O. În aceste procese complexe intervin enzime și transporturi de energie. Fotosinteza se petrece numai la lumină, iar respirația are loc și la lumină și la întuneric.

Datorită insolației abundente, intensitatea fotosintezei la plantele superioare emerse este mai mare, de exemplu la stuf (*Phragmites*), în Delta Dunării, care realizează aproximativ 26 t biomasă/ha/an.

La plantele submerse intensitatea fotosintezei este de 2—3 ori mai scăzută, din cauza unei aprovizionări deficitare cu CO_2, precum și a cantității mai mici de radiații care pătrund în păturile mai joase ale apei. Adîncimea optimă pentru fotosinteză este de pînă la circa 1—2 m de la suprafață.

În stratul superior al apelor din mări și oceane, precum și din ape dulci trăiesc numeroase alge microscopice. Ele formează fitoplanctonul, cu care se hrănesc unele animale acvatice. Ca și în cazul plantelor terestre, intensitatea fotosintezei lor depinde de intensitatea luminii, de temperatură, de cantitatea și calitatea sărurilor minerale etc. Pătrunderea radiațiilor diferă cu adîncimea, cu gradul de limpezime al apei etc. Unele radiații pătrund pînă la 90 m (10% din radiațiile verzi), altele numai pînă la 10 m (cele roșii). Adîncimea maximă la care pot pătrunde radiațiile verzi (1%) este de 140—180 m, deci pînă la această adîncime unele plante mai pot realiza fotosinteza.

În schimb, în apele dulci radiațiile străbat numai pînă la 20—30 m, din cauza abundenței suspensiilor. În straturile de apă mai joase de 4 m temperatura este

relativ constantă (+4°C), importanță mai mare în fotosinteză avînd CO_2 și sărurile minerale. Mările închise sînt sărace în săruri minerale și ca urmare intensitatea fotosintezei este mică.

În regiunile din sud-vestul Africii productivitatea fitoplanctonului atinge 15 t/ha/an.

Cultura plantelor fără sol (cultură hidroponică). Cunoscînd necesitățile de viață ale plantelor, oamenii au încercat să le influențeze dezvoltarea în scopul obținerii unei biomase cît mai mari și de bună calitate, precum și de diferite produse: fructe, semințe etc. De la perioada primelor plante cultivate și pînă în prezent produsele obținute de om de la plante s-au diversificat, calitatea și cantitatea lor s-au îmbunătățit necontenit.

În prezent, specialiștii se preocupă tot mai mult de explorarea și găsirea celor mai bune căi de valorificare a resurselor de substanță organică, în special proteină, pe care le oferă Oceanul Planetar.

În straturile de apă bine luminate de la suprafața mărilor și oceanelor se găsesc numeroase specii de plante și animale care plutesc libere în larg. Dintre plante, unele aparțin grupului algelor (verzi, albastre, brune, roșii), altele diatomeelor etc. Împreună alcătuiesc *fitoplanctonul* (de la gr. *phytos*=plantă și *plankton*=rătăcitor), care îndeplinește un rol foarte important în natură: el furnizează energia și substanțele organice necesare animalelor acvatice, constituind prin aceasta prima verigă a diferitelor lanțuri trofice (vezi cap. 3) care se stabilesc între vietuitoarele acvatice. La baza existenței lor stă tocmai producția de substanță organică realizată de fitoplancton (fig. 8 c). Fitoplanctonul este important și din alt punct de vedere, și anume pentru că el contribuie la purificarea atmosferei și, concomitent, la aprovizionarea cu oxigen necesar respirației tuturor organismelor.

În straturile mai profunde de apă, pînă la limita la care mai pătrund radiaţiile solare trăiesc unele specii de alge şi bacterii, iar la adîncimi şi mai mari, la care radiaţiile luminoase nu mai ajung, nu se mai găsesc organisme fotosintetizante, ci numai saprofite.

Locuitorii de pe ţărmurile mărilor şi oceanelor au folosit din timpuri străvechi unele produse vegetale ale mării pentru hrana lor şi a animalelor, pentru extragerea unor substanţe trebuincioase sau pentru îngrăşarea terenurilor agricole. De exemplu, insula Falkland, din apropierea Noii Zeelande, este înconjurată de o zonă litorală de circa 2 km lăţime în care cresc numeroase alge din specia *Macrocystis pyrifera,* o adevărată algă uriaşă. Ea are lungimea de circa 150 m şi nişte formaţiuni piriforme pline cu aer care îi permit să plutească. Datorită conţinutului ei bogat în potasiu (1%), este folosită de locuitori drept îngrăşămînt potasic natural.

În mijlocul Oceanului Atlantic se găseşte o zonă în care, pe o suprafaţă de circa 100 000 km², alge din specia *Sargassum bacciferum* formează renumita Mare a Sargaselor, punctul terminus al nu mai puţin renumitelor migraţii ale ţiparului.

Algele din genul *Laminaria,* numite verze de mare, au fost folosite de populaţiile riverane din Europa, Asia şi America în alimentaţie, ca furaje pentru animale şi în industrie.

Dar ca şi în cazul plantelor terestre, oamenii nu s-au mulţumit să culeagă numai roadele oferite „de-a gata" de natură, deşi nici „recoltarea" plantelor acvatice nu este o treabă uşoară.

În ultimele decenii a luat o mare dezvoltare cultura artificială a algelor. Alegerea s-a oprit la cîteva specii microscopice: *Chlorella, Dunaliela, Chlamidomonas* etc., dintre algele verzi; *Oscillatoria, Nostoc, Spirulina,* dintre algele albastre; *Porphiridium* etc. dintre algele roşii.

Primele încercări de cultură artificială a algelor microscopice s-au făcut în timpul primului război mondial. Ulterior s-au intensificat experimentările în vederea cultivării în masă a algelor microscopice în numeroase state. Datorită ciclului de dezvoltare mic (1—2 zile), recolta de biomasă obţinută din algele microscopice într-un timp corespunzător perioadei de vegetaţie a plantelor superioare întrece producţia oricărei plante de cultură. Cantitatea de proteină atinge valori foarte mari, de 40—60% din biomasa uscată a algelor.

Metodele de cultivare sînt diferite, însă ele se bazează pe aceleaşi principii. Cultivarea se face pe soluţii nutritive care conţin sodiu, potasiu, fosfor, magneziu şi fier într-o stare asimilabilă, precum şi microelemente: mangan, cupru, molibden, bor, zinc.

Concentraţia CO_2 din soluţie este de 1—5%, iar temperatura, de 25—30°C. Cultivatoarele se instalează la soare, în aer liber, şi se ţin în mişcare pentru ca toate celulele algelor să primească lumină în mod uniform. La 1—2 zile se face recoltarea, apoi se centrifughează şi se obţine un produs de consistenţa smîntînii. Se consumă ca atare sau se deshidratează transformîndu-se în făină de alge. 1/4 kg din acest concentrat de alge conţine necesarul de proteine şi vitamine al unui om adult în 24 ore.

Din păcate, nici una din metodele brevetate în ultimele decenii nu permite obţinerea biomasei de alge la un preţ convenabil.

În Europa, cel mai mare cultivator de alge se găseşte în R. S. Cehoslovacă, la Tjebou. În cultivatorul din R. P. Polonă se cultivă alga *Chlorella,* a cărei biomasă conţine 53% proteină.

Cele mai mari cultivatoare din lume au fost construite în Japonia, lîngă Tokio. Recolta obţinută este de 32 t biomasă/ha/an, cantitatea de proteină întrecînd

de 23 de ori pe cea obţinută din cereale, de 33 ori pe cea din fasole şi de 260 ori pe cea de la animalele domestice hrănite cu plantele de pe 1 ha.

Deşi preţul de cost al proteinelor produse din alge este încă foarte scump, algocultura este în plină dezvoltare.

Paralel cu această direcţie de cercetări şi experimentări, oamenii de ştiinţă şi practicienii au încercat să obţină diferite culturi de plante superioare în lipsa solului. Tehnica de cultivare a plantelor fără sol, folosindu-se substanţe nutritive în soluţii apoase a fost numită *cultură hidroponică*. Ca metodă de laborator, soluţiile nutritive au fost utilizate pentru creşterea plantelor încă din a doua jumătate a secolului al XIX-lea.

În 1936, fiziologul american W. F. Gericke a publicat „principiile călăuzitoare ale agriculturii hidroponice". În timpul celui de-al doilea război mondial au fost puse în practică aceste principii, pe baza lor înfiinţându-se adevărate ferme hidroponice în unele baze aviatice izolate.

În ultimele decenii metoda hidroponică s-a extins, mai ales în regiunile cu un mare deficit de apă sau cu temperaturi neprielnice culturilor agricole tradiţionale.

La ora actuală există numeroase zone de pe glob în care culturile hidroponice dau recolte competitive la legume, plante de nutreţ, flori. De exemplu, în statele Utah, Nevada, California, Arizona (la Glendale, pe o suprafaţă de 48 ha), Ohio, Texas, Minnesota etc. din S.U.A. În Europa, cea mai mare instalaţie hidroponică se află în Sicilia (5 ha). O fermă hidroponică din Kuweit produce tomate. Prin intervenţia O.N.U., o firmă americană se preocupă de înfiinţarea unei staţii hidroponice-pilot în Liban. În Mexic, la Puerto Penasco, şi pe insula Sadyat există ferme hidroponice care folosesc apă de mare desalinizată. Se experimentează „grădini selenare" simulate, care să permită viitorilor astronauţi cultivarea hidroponică a legumelor.

Deşi culturile hidroponice constituie deocamdată o fracţiune infimă din agricultura tradiţională, ele reprezintă una din premisele rezolvării problemei aprovizionării cu proteină alimentară a populaţiilor din zonele aride ale globului. Este în acelaşi timp o dovadă îmbucurătoare a inepuizabilelor resurse de care dispune omul modern pentru asigurarea celor necesare vieţii.

INTERRELAȚIILE DINTRE PLANTELE VERZI ȘI CELELALTE VIEȚUITOARE

Plantele verzi trăiesc, așa cum am văzut mai sus, în condiții foarte diferite: în mediul terestru, înfigîndu-și rădăcinile în sol, de unde absorb apa cu săruri minerale; în mediul acvatic, dulcicol ori salin (mări și oceane), de unde își iau cele necesare vieții. În orice loc s-ar afla, plantele, ca și orice alt organism viu, intră în relații cu mediul înconjurător, abiotic și biotic. Așa cum s-a arătat anterior, schimburile de substanțe și energie pe care viețuitoarele le realizează permanent cu mediul în care trăiesc poartă numele de metabolism. Acest proces stă și la baza vieții plantelor verzi, determinînd creșterea și dezvoltarea lor, ca și acumularea de biomasă ce servește ca sursă de materie organică și energie viețuitoarelor care se hrănesc cu vegetale. Spunem că plantele verzi sînt *producători primari*, pentru că ele (+ cîteva grupe restrînse de bacterii) au capacitatea ca din compuși minerali (apă, bioxid de carbon + energie solară) să sintetizeze materie organică, cu un potențial ridicat de energie. Producători primari pot fi numai organismele autotrofe. Toate viețuitoarele heterotrofe sînt consumatori. Astfel, animalele care se hrănesc cu plante se numesc *consumatori primari* (sau *fitofagi*). Așa sînt unele insecte, crustaceele (raci, crevete etc.), unele păsări, mamiferele erbivore, rozătoarele, precum și microorganismele fitopatogene. La rîndul lor, acestea sînt consumate de alte animale — *consumatori secundari* (sau *zoofagi*). Ca exemplu amintim unele insecte (carabide etc.), păianjenii, unii pești, păsările insectivore, mamiferele carnivore, ca și organismele care parazitează animale. Animalele care folosesc drept hrană consumatori secundari poartă numele de *consumatori terțiari*. Acestea nu mai sînt consumate de alte viețuitoare (atîta vreme cît trăiesc). Grupa consumatorilor terțiari este restrînsă: unele păsări mari răpitoare (de exemplu, acvilele), unele specii de pești (somnul, știuca, rechinul etc.).

Așadar, în natură există o mișcare perpetuă a materiei și energiei, care trec — odată cu elementele constitutive ale hranei — dintr-un organism într-altul. Asemenea relații se numesc trofice iar șirurile de ființe vii prin care hrana circulă ca într-un lanț, de la o verigă la alta, întotdeauna în același sens, au fost numite *lanțuri trofice* (Ch. Elton, 1927) (fig. 8). Toate speciile de plante spontane, ca și toate animalele sălbatice se integrează în astfel de lanțuri trofice, constituind așanumita *piramidă trofică* sau piramida lui Elton. Se consideră că fac excepție unele specii nou introduse într-un anumit mediu, animalele sălbatice din grădinile zoologice sau din unele rezervații zoologice, plantele din grădinile botanice sau din rezervațiile vegetale. Dar chiar și în aceste situații de excepție, stabilirea unor lanțuri trofice mai simple (de exemplu parazit-gazdă) nu poate fi întotdeauna împiedicată de om.

Plantele, ca și animalele, își duc viața într-un anumit loc, fiind adaptate la condițiile respective: lumină, apă, aer, sol, temperatură etc. Acestea formează *biotopul*. Totalitatea indivizilor care populează un biotop alcătuiesc o *biocenoză* (asociație sau comunitate). Între biocenoză și biotop există legături permanente și reci-

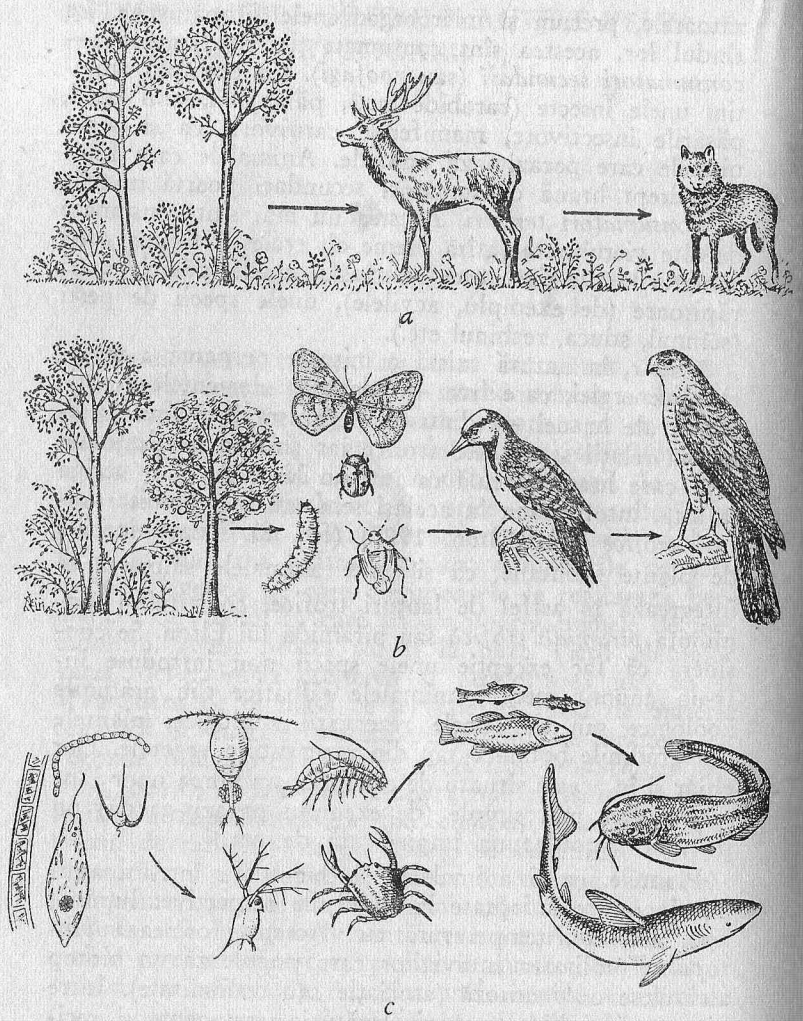


Fig 8 *a*, *b*, *c*. Cîteva lanţuri trofice.

proce. Acţionînd unul asupra celuilalt, cele două componente formează de fapt un ansamblu unitar, un sistem relativ stabil, numit *ecosistem*. Ştiinţa care studiază interrelaţiile dintre organisme şi mediul lor de viaţă, ca şi cele dintre diferitele comunităţi vii poartă numele de *ecologie*.

Relaţiile trofice dintre organisme sînt deosebit de complexe. Studiind aceste relaţii, ecologia foloseşte rezultatele obţinute de numeroase ştiinţe biologice: botanica, zoologia, biochimia, biofizica, microbiologia, genetica, micologia şi fitopatologia (ştiinţa care cercetează bolile plantelor, cauzele care le produc şi metodele de combatere) etc. Toate aceste discipline au contribuit la cunoaşterea vieţii plantelor, a relaţiilor care se stabilesc între ele şi celelalte organisme, ca şi la găsirea celor mai bune metode pentru a influenţa productivitatea lor în folosul omului.

Am văzut din cele expuse mai sus că plantele verzi au un rol esenţial în menţinerea şi dezvoltarea vieţii pe pămînt, prin capacitatea lor de a capta energia solară şi de a o folosi în sinteza substanţelor organice, în care o integrează. Cunoaştem, de asemenea, că în această activitate de fotosinteză, pe lîngă apă, plantele mai folosesc şi CO_2 şi săruri minerale. De unde aceste „materii prime"? Aici intervin într-o măsură importantă „colaboratorii din umbră" ai plantelor verzi, şi anume microorganismele (bacterii, ciuperci). Datorită faptului că majoritatea acestor vieţuitoare s-au adaptat să se hrănească cu substanţe organice gata preparate, ele descompun resturile de plante şi animale în elementele lor constitutive, minerale. Prin aceasta, microorganismele îndeplinesc în natură un rol deosebit de important: furnizează plantelor autotrofe „materia primă" necesară în fotosinteză, curăţind în acelaşi timp natura de substanţele netrebuincioase sau chiar vătămătoare celor-

lalte vieţuitoare. Bacteriile şi ciupercile care descompun substanţele organice în elemente anorganice reintegrîndu-le în circuitul materiei sub formă de compuşi minerali au fost numite *descompunători* (microorganisme *saprofage*).

În ceea ce priveşte rolul descompunătorilor în natură, este suficient să amintim că în lipsa lor cantitatea de CO_2 din atmosferă, deşi atinge impunătoarea cantitate de 700 miliarde de tone, nu ar putea satisface nevoile fotosintetice ale plantelor verzi de pe întregul glob decît pentru 30—35 de ani.

Întrucît relaţiile dintre plantele verzi şi microorganisme sînt deosebit de complexe, în cele ce urmează vom prezenta cîteva aspecte mai deosebite ale acestora.

O interrelaţie plante verzi—microorganisme deosebit de strînsă se realizează în *rizosferă* (zona din jurul rădăcinilor) unde, datorită acţiunii mecanice a rădăcinilor, a CO_2 degajat şi a exudatelor (secreţiilor) radiculare care conţin zaharuri, acizi organici, aminoacizi, vitamine, enzime, se creează condiţii foarte prielnice pentru microorganisme. Aceasta explică prezenţa microorganismelor în rizosferă într-un număr mult mai mare decît în solul lipsit de rădăcini. Densitatea cea mai mare a microorganismelor este la suprafaţa rădăcinilor şi ea descreşte treptat, astfel că la distanţa de circa 0,5 cm în jurul rădăcinilor influenţa lor dispare. Compoziţia exudatelor radiculare diferă de la o specie la alta, precum şi în funcţie de stadiul de dezvoltare la aceeaşi specie şi aceasta determină varietatea şi densitatea microorganismelor din rizosferă. După perioada de înflorire efectul de rizosferă începe să scadă.

Microorganismele din rizosferă aparţin la diferite grupe, şi anume: bacterii (specii de *Pseudomonas, Agrobacterium, Corynebacterium* etc.), ciuperci (specii de *Mucoraceae, Penicillium, Aspergillus* şi *Mycelia sterilia*) şi, în mai mică măsură, alge şi protozoare.

Secreţiile radiculare, pe lîngă rolul de surse nutritive pentru microorganisme, conţin şi unele substanţe care stimulează germinarea sporilor şi creşterea microorganismelor. În acelaşi timp însă, în exudatele radiculare, mai ales ale plantelor tinere, s-au pus în evidenţă şi substanţe inhibitoare pentru unele microorganisme.

Dar relaţiile dintre microorganisme şi plantele verzi nu sînt unilaterale, ci reciproce. Astfel, majoritatea proceselor biologice desfăşurate de microorganismele din sol influenţează într-o măsură mai mare sau mai mică dezvoltarea plantelor, fie direct prin produşii rezultaţi în urma metabolismului, fie modificînd reacţia solului sau, aşa cum s-a arătat, mineralizînd compuşii organici. Microorganismele din rizosferă au efecte stimulatoare sau inhibitoare asupra dezvoltării plantelor iar altele sînt fitopatogene (produc boli la plante). Experimental s-a pus în evidenţă acţiunea stimulatoare a unor microorganisme care elimină în mediu fitohormoni (auxina, giberelina) cu rol pozitiv în desfăşurarea diferitelor procese ale plantelor, ca: diviziunea celulară, reproducerea etc. Giberelina, izolată prima dată din ciuperca *Giberella fujikuroi*, a fost pusă în evidenţă ulterior şi în numeroase specii de bacterii şi actinomicete.

Unele microorganisme secretă substanţe numite biologic active care influenţează creşterea şi chiar înmulţirea plantelor inferioare şi superioare. De pildă, ciuperci din grupul drojdiilor, precum şi specii de *Aspergillus, Mucor* etc. Există însă şi produşi ai metabolismului unor microorganisme (*Bacillus mesentericus, B. subtilis* etc.) cu efect inhibitor asupra germinării seminţelor, ca şi asupra creşterii plantelor.

Alte microorganisme pot constitui bariere în calea celor fitopatogene, datorită raporturilor antagoniste ce

există între unele microorganisme şi care se bazează pe elaborarea de antibiotice. Cunoaşterea raporturilor antagoniste are o mare importanţă în practica agricolă, deoarece ea dă posibilitatea să se elaboreze metode de combaterea biologică a diferiţilor paraziţi. Primele încercări de combatere a unor boli produse de ciuperci folosind microorganisme antagoniste au fost făcute de Porter (1924). Ulterior s-au pus în evidenţă raporturi antagoniste între multe specii de microorganisme (de exemplu, *Trichoderma viride* şi unele specii de *Penicillium* sînt antagoniste faţă de *Pythium; T. lignorum* are acţiune antagonistă faţă de *Botrytis cinerea, Rhizoctonia solani* etc.).

Un alt tip de relaţie între microorganisme şi plantele verzi îl reprezintă *simbioza*, fenomen biologic larg răspîndit în lumea vegetală. Termenul a fost introdus (1879) de către botanistul german H. A. de Bary (1831—1888) pentru a ilustra „viaţa în comun a unor organisme diferite". Mulţi cercetători consideră simbioza ca o asociaţie dintre două organisme în care se realizează avantaje reciproce. După alţi cercetători, simbioza este un caz particular de parazitism. Unul dintre cele mai cunoscute exemple de simbioză este cel dintre unele alge verzi sau albastre şi anumite specii de ciuperci, asociaţie care are drept rezultat formarea unor organisme noi — lichenii —, despre care am amintit într-un capitol anterior. Ne vom referi în continuare la alte două tipuri de simbioză, şi anume simbioza dintre bacterii şi plantele leguminoase, precum şi la micorize.

Se cunoaşte de multă vreme că un teren cultivat cu leguminoase devine mai fertil, se îmbogăţeşte cu azot. De asemenea, tot veche este observaţia că pe rădăcinile leguminoaselor apar mici umflături, numite *nodozităţi*. Abia în 1888, Beijerinck a izolat bacterii din nodozităţi, iar Hellriegel Wilfarth (1888) a descoperit legătura

dintre nodozităţi şi capacitatea leguminoaselor de a mări fertilitatea solului. Cercetările au arătat că formarea nodozităţilor pe rădăcinile leguminoaselor este provocată de diferite specii de bacterii din genul *Rhizobium* care, în nodozităţi, au capacitatea de a fixa azotul din aer. Planta gazdă obţine de la bacterii azotul fixat, iar în schimb îi furnizează bacteriei substanţele organice de care are nevoie.

Micorizele sînt asociaţii între ciuperci şi rădăcinile diferitelor plante superioare, ierboase sau lemnoase. Sînt cunoscute trei tipuri de micorize: peritrofe, ectotrofe, endotrofe. În micorizele peritrofe ciupercile (de exemplu, unele mucoracee, aspergilacee, bazidiomicete) se dezvoltă în rizosferă, alcătuind o pîslă de miceliu în jurul rădăcinilor. Ele îmbogăţesc solul cu substanţe minerale accesibile pentru plante şi îi modifică reacţia (pH-ul), adaptîndu-l la necesităţile plantelor. Micorizele ectotrofe se întîlnesc în special la plantele lemnoase iar dintre ciuperci, constituenţi ai acestor micorize sînt unele specii de ciuperci superioare (bazidiomicete). Astfel, pe rădăcinile de lariţă (*Larix europea*) trăieşte untoasa cu inel (*Boletus elegans*), cu corpuri fructifere comestibile, iar pe pin (*Pinus silvestris*) creşte o altă specie de *Boletus*, tot comestibilă — turta-vacii (*B. luteus*) (pl. I, fig. 6). Filamentele de miceliu cresc în contact direct cu rădăcinile, mai ales cu vîrfurile acestora, pătrunzînd în ţesuturile superficiale, unde se ramifică în primele două-trei straturi celulare, iar la suprafaţa rădăcinilor se formează un înveliş de miceliu. De fapt, se poate spune că dezvoltarea ambelor organisme care alcătuiesc micorizele ectotrofe este favorizată de schimbul de substanţe nutritive dintre parteneri.

Micorizele endotrofe sînt foarte răspîndite în natură, întîlnindu-se la plante ierboase şi lemnoase. Filamentele de miceliu pătrund în celule, unde formează nişte aglo-

merări cu aspect de gheme. Un exemplu de micoriză endotrofă îl constituie asociația dintre orhidee și ciuperca *Rhizoctonia repens*. În absența ciupercii, semințele de orhidee nu germinează. Micoriza înlesnește nutriția plantei superioare, deoarece aceasta digeră filamentele de miceliu care pătrund în rădăcini. S-a constatat astfel că plantele tinere de pin cu micoriză conțin cu 68% mai mult azot, cu 75% mai mult potasiu și cu 42% mai mult fosfor decît cele fără micoriză.

ROLUL PLANTELOR VERZI ÎN CIRCUITUL MATERIEI ȘI ENERGIEI ÎN NATURĂ

Circuitul biologic al apei. Una dintre substanțele folosite de plantele verzi, ca materie primă, în procesul de fotosinteză este apa. Dealtfel, apa este necesară și indispensabilă oricărui organism viu. Nici o structură biologică și nici o reacție biochimică nu pot exista în afara apei. Aceasta se explică, probabil, prin originea acvatică a vieții. Primele forme de viață au apărut în Oceanul Primar, apoi printr-o evoluție de milioane de ani, multe grupuri de viețuitoare s-au adaptat la viața terestră, altele însă au continuat să trăiască în mări și oceane sau în ape dulci, continentale. Toate viețuitoarele însă, indiferent dacă sînt dulcicole, marine sau terestre, conțin o cantitate însemnată de apă, fără de care n-ar putea trăi.

Cantitativ, apa este constituentul principal al materiei vii, a cărei permanentă mișcare și autoreînnoire se realizează cu ajutorul ei. Toate reacțiile care au loc în organism sînt condiționate de prezența apei. La unele viețuitoare cantitatea de apă se găsește în proporție de pînă la 98%, de exemplu la meduză, supranumită din această cauză și „apă vie". Însuși corpul omului conține 65—70% apă din greutatea sa totală. Aceasta înseamnă că un om adult de 70 kg conține circa 50 kg apă. Plan-

tele, de asemenea, conţin multă apă. Tabelul 4 cuprinde cîteva cifre grăitoare.

Tabelul 4

Planta sau organul plantei	Conţinutul de apă, în %
Alge	94—98
Frunze de salată, spanac, castraveţi	94—95
Tomate (fructe)	94—95
Frunze de ceapă	93
Pepene	93
Frunze de varză	92—93
Bulb de ceapă	91
Morcovi (rădăcini)	87—91
Ciuperci, fasole verde, conopidă, roşii	90
Iarbă	86
Frunze de copac	82
Tubercul de cartof, pere, mere	80
Tulpină de arbore	55
Spori de bacterii	50
Tulpini ale plantelor arborescente	40—45
Cereale uscate (cariopse)	12—14
Mazăre, fasole uscată (boabe)	10
Muşchi şi licheni uscaţi la aer	5—7

Necesităţile foarte mari de apă ale organismelor pot fi satisfăcute, deoarece apa circulă mereu, de la sistemele anorganice (bazine hidrografice, sol, aer) la cele organice (vieţuitoare), integrîndu-se în sistemele vii şi apoi eliberîndu-se din nou şi aşa mai departe (fig. 9).

Cantitatea imensă de apă integrată în masa vegetală prin procesul fotosintezei este de 65×10^{10} t/an. Dacă circuitul natural al apei ar înceta, rezerva de apă oceanică ($1\,370 \times 10^6$ km^3) ar ajunge pentru numai 2 milioane de ani, ceea ce, la scară geologică, este foarte puţin. Dar plantele, ca dealtfel şi celelalte organisme,

restituie naturii, sub o formă sau alta, tot ceea ce primesc de la ea. Astfel, apa consumată de plante în fotosinteză se descompune în oxigen şi hidrogen. Oxigenul este eliminat în atmosferă şi de aici preluat —

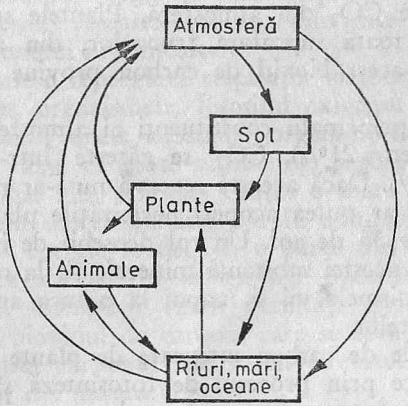


Fig. 9 Schema circuitului biologic al apei.

prin respiraţie — de toate organismele. La rîndul lui, hidrogenul provenit din fotosinteză este folosit de plante în procesul de sinteză a diferitelor substanţe organice (glucide, proteine etc.), o parte din el regăsindu-se în substanţele pe care plantele le elimină în atmosferă. De exemplu, 1 ha de pădure de fag (cu circa 500 copaci) elimină aproximativ 25 000 l de apă pe zi. Asta înseamnă că în jumătate de an, de pe un hectar de pădure se evaporă 4,5 milioane litri de apă!

De aici importanţa pădurilor în reglarea precipitaţiilor, atît de necesare bunei desfăşurări a vieţii, în general, şi a obţinerii unor recolte agricole superioare, în special.

Rolul plantelor în circuitul biologic al carbonului. În nutriția plantelor carbonul joacă un rol esențial, de aceea în acest sens, mulți autori preferă expresia de nutriție cu carbon a plantelor. Așa cum s-a arătat, sursa de carbon folosită de plante în procesul de fotosinteză o constituie CO_2 din atmosferă. Plantele submerse iau CO_2 prin toată suprafața frunzelor, din apa în care trăiesc. Și acest bioxid de carbon provine tot din atmosferă.

Față de principalii constituenți ai atmosferei (azot = 78%, oxigen = 21%), CO_2 se găsește într-o cantitate mică: 0,03%. Dacă această rezervă nu s-ar reface continuu, ea nu ar putea acoperi necesitățile plantelor decît aproximativ 35 de ani. Un rol deosebit de important în vehicularea acestei substanțe minerale de la regnul mineral la organismele vii și înapoi la natura anorganică le revine plantelor.

Cantitățile de carbon integrate de plante în substanțele organice prin procesul de fotosinteză sînt enorme. De exemplu, într-un singur sezon de vegetație, trestia de zahăr de pe 1 ha de teren fixează circa 8 t carbon, iar plantele de pe întreg pămîntul încorporează în compușii organici pe care-i sintetizează uriașa cantitate de 150 miliarde t carbon/an.

Să urmărim puțin drumul carbonului în corpul plantelor. Am văzut că prin fotosinteză, în planta verde are loc absorbția CO_2. Carbonul este utilizat de plantă în sinteza substanțelor organice (glucide, proteine etc.). Odată cu carbonul (și cu celelalte elemente minerale), planta integrează în substanțele organice nou formate și o mare parte din energia luminii solare fixată de clorofilă. Astfel, prin biomasa vegetală pe care o formează, plantele fotosintetizante devin depozitare de energie, ceea ce le și conferă rolul de producători primari în natură, situîndu-le la baza „piramidei vieții". O parte din imensa cantitate de carbon integrată în vegetale se reîntoarce în

natură după moartea lor, a animalelor fitofage și a celorlalți consumatori. Resturile de plante, cadavrele, ca și diferitele produse de natură organică sînt în cele din urmă descompuse de microorganisme (bacterii și ciuperci) în compuși organici mai simpli și apoi în elemente minerale. Aceasta este una din căile de reîntoarcere a carbonului în atmosferă.

O altă cale o reprezintă respirația viețuitoarelor. Prin acest proces, organismele, folosind oxigenul din atmosferă, oxidează unele substanțe organice, descompunîndu-le. Am văzut că toate substanțele organice (proteine, glucide și mai ales lipidele) conțin o mare cantitate de energie. Prin descompunerea lor în substanțe mai simple, această energie se degajă, o parte din ea fiind folosită de organisme în activitățile specifice (creștere, dezvoltare). Compușii finali rezultați prin respirație sînt apa și bioxidul de carbon, care se elimină în atmosferă și astfel carbonul reintră în circuitul general al substanțelor din natură.

Un om adult elimină prin respirație, în medie, 450 000 l CO_2/24 ore, ceea ce corespunde la 900 g CO_2, respectiv 245 g carbon. Raportat la întreaga populație a globului, înseamnă că numai oamenii eliberează zilnic în atmosferă 1 700 milioane kg CO_2, la care se adaugă o cantitate infinit mai mare degajată prin respirația celorlalte viețuitoare.

Prin procesele de fermentație și putrefacție realizate în natură de unele bacterii și ciuperci microscopice (din sol și apă) se descompune, de asemenea, o mare cantitate de substanțe organice. Din aceste procese rezultă, ca produs final, CO_2, care se elimină în aer. Lucrări recente de specialitate (Papacostea, 1976) consemnează că 1 kg de sol degajă într-o singură perioadă de vegetație 2,5 l CO_2, adică circa 15 t/ha. Din această cantitate 2/3 se datoresc activității microorganismelor iar 1/3, metabolismului rădăcinilor plantelor.

În anumite condiţii, resturile de plante şi animale se transformă în cărbuni (turbă, lignit, huilă, antracit) sau în ţiţei. Prin scoaterea acestor substanţe de natură organică din pămînt şi folosirea lor drept combustibili, energia integrată în ele se eliberează în timpul arderii,

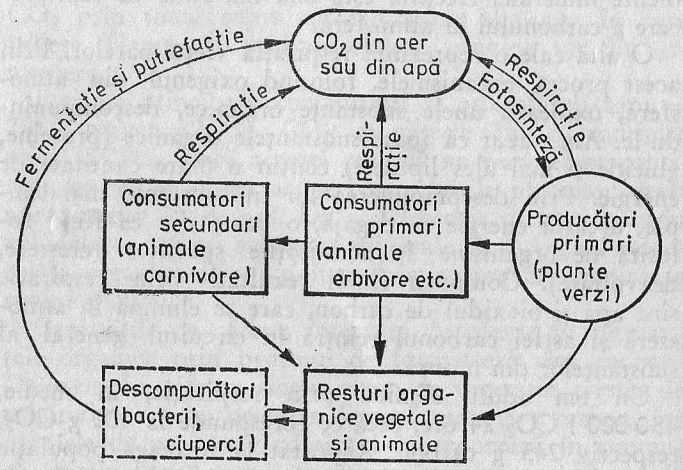


Fig. 10 Circuitul biologic al carbonului.

sub formă de căldură. Tot în timpul arderii rezultă CO_2 care se degajă în atmosferă. Aceasta este o altă cale prin care carbonul integrat în corpurile organice se reîntoarce în atmosferă. În toate procesele de ardere industrială are loc degajarea de CO_2: în uzine, fabrici, locomotive, avioane, autocamioane, autoturisme etc.

Pe toate aceste căi, care au la bază energia solară captată de pigmenţii clorofilieni şi fixată în moleculele substanţelor organice, cantitatea de carbon din atmosferă se reface permanent (fig. 10).

Rolul plantelor în circuitul altor substanţe: azot, oxigen, fosfor, sulf, siliciu. În procesul de fotosinteză plantele folosesc şi alte numeroase elemente minerale pe care le iau din mediu. Acestea sînt necesare în sinteza unor substanţe organice, care, în afară de C, H, O, conţin în mod obligatoriu şi alte elemente: sodiu, sulf, fosfor, precum şi potasiu, calciu, magneziu, brom, mangan, cupru, cobalt, molibden etc.

Un element constitutiv esenţial al plantelor, ca de altfel şi al animalelor, este *azotul;* el intră în alcătuirea proteinelor, supranumite „cărămizile vieţii".

În atmosferă, azotul se găseşte într-o cantitate preponderentă (78%), dar foarte puţine plante sînt în stare să-l utilizeze ca atare în nutriţia lor. Sub influenţa descărcărilor electrice şi a unor radiaţii solare (în special ultraviolete) se produce oxidarea azotului atmosferic. Prin dizolvare în apa ploilor, oxizii formează azotaţi, care ulterior sînt absorbiţi de plante. Un hectar de sol primeşte pe această cale circa 300 g azot.

Unele plante au însă capacitatea de a folosi azotul liber din atmosferă în nutriţia lor, de exemplu alga monocelulară *Nostoc* şi un grup de bacterii din genul *Rhizobium* care trăiesc în simbioză cu plantele leguminoase. Mecanismul de acţiune a fost arătat mai sus (cap. 3). Aici vom menţiona doar faptul că pe această cale solul se îmbogăţeşte foarte mult cu azot. În zona temperată, maximum de eficienţă se obţine în urma culturilor de lucernă (*Medicago sativa*). Dintre plantele tropicale unele (*Desmodium intortum*) pot fixa pînă la 370 kg azot/ha/an, iar altele (*Crotolaria usaramoensis*) chiar pînă la 500 kg (după Whitney şi colab., 1967).

Bacteriile din genul *Azotobacter* care trăiesc liber în sol contribuie la îmbogăţirea solului cu circa 5 kg azot atmosferic/ha/an.

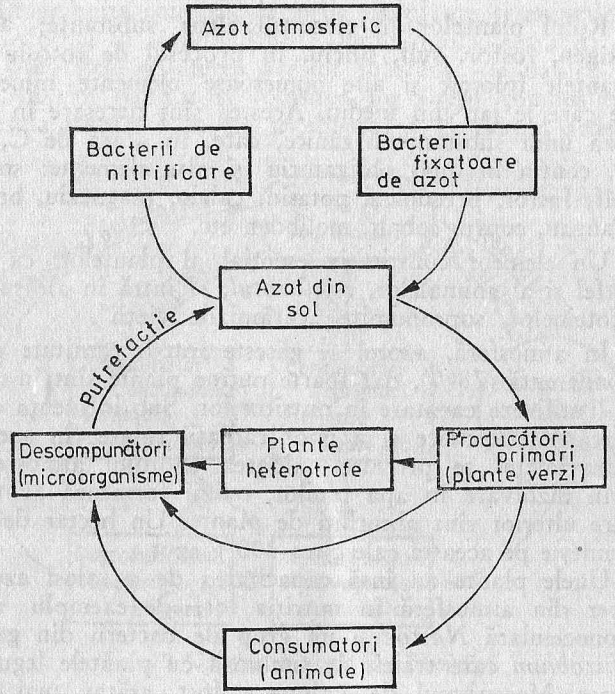


Fig. 11 Circuitul biologic al azotului.

Dar sursa principală de azot necesar plantelor ajunge în sol prin descompunerea resturilor de plante şi animale de către unele microorganisme, care obţin pe această cale substanţele şi energia necesare propriei lor vieţi. Procesele se realizează în mai multe etape, în fiecare dintre ele avînd rol important anumite specii de bacterii.

În procesul de fotosinteză, plantele eliberează în atmosferă *oxigenul*. Asimilînd 1 t carbon plantele degajă

27 t oxigen. Într-un singur an, plantele de pe întreg pămîntul elimină o cantitate de oxigen variind între 270 şi 2 700 trilioane tone. S-a calculat că într-o perioadă de 3 000 de ani plantele reînnoiesc toată cantitatea de oxigen din atmosferă, fapt ce demonstrează însemnătatea lor deosebită pentru circuitul biologic al acestui element.

Un alt element la a cărui circulaţie contribuie plantele este *fosforul*, care are un rol important în procesele energetice. Plantele terestre iau fosforul din sol, sub formă de fosfaţi, prin absorbţia radiculară. În sol el ajunge, în bună parte, în urma proceselor de descompunere a resturilor de animale, în a căror constituţie intră.

În ape fosforul se găseşte sub formă organică, mai ales în detritusul sedimentat, de unde este eliberat de către bacterii. Fosfatul anorganic din apele marine este folosit de plante în sinteza compuşilor organici. În perioada de dezvoltare maximă a fitoplanctonului consumul este atît de mare, încît scăderea resurselor de fosfor poate afecta dezvoltarea biocenozelor. Prin moartea organismelor planctonice şi prin descompunerea lor de către microorganisme, cantităţi apreciabile de fosfat devin asimilabile de către plante, reintrînd astfel în circuitul biologic.

Pe fundul apelor marine şi oceanice se află adevărate depozite de resturi animale. Datorită circulaţiei pe verticală a apelor, o parte din fosfaţii conţinuţi în aceste depozite ajung la suprafaţă, unde sînt preluaţi şi consumaţi de plante.

Prin exploatarea industrială a rocilor care conţin fosfor se produc îngrăşăminte chimice care sînt apoi folosite la fertilizarea solurilor.

Există şi un circuit al *sulfului* la care participă toate organismele, deoarece acest element intră în constituţia

proteinelor, prezente în toate vieţuitoarele. Resturile organice sînt descompuse de bacterii, care îşi procură astfel energia şi substanţele organice necesare vieţii.

În apele marine se găseşte din abundenţă *siliciul*. El intră în constituţia unor plante inferioare (diatomee) şi a multor animale din grupul protozoarelor, în scheletul unor spongieri. După moartea lor, prin descompunerea de către microorganisme, siliciul devine din nou asimilabil de către plante.

IMPORTANŢA ECONOMICĂ ŞI SOCIALĂ A PLANTELOR

Plantele acoperă cea mai mare parte a suprafeţelor uscatului şi populează bazinele acvatice continentale, marine şi oceanice. Ele formează păduri şi pajişti întinse, pătrunzînd şi în deşerturile aride sub formă de oaze — nuclee de viaţă vegetală, animală şi umană.

O mare parte din întinderile uscatului sînt acoperite cu culturi agricole şi suprafaţa acestora este în continuă creştere, pe seama cuceririi deşerturilor. Se apreciază că, în prezent, 3 miliarde ha constituie terenuri cultivate, aceasta reprezentînd numai 44% din suprafeţele arabile.

Din zorile preistoriei omul şi-a împletit viaţa sa cu aceea a naturii înconjurătoare. Plantele, sub infinit de variatele lor forme, i-au oferit omului, direct sau indirect, hrana cea de toate zilele, adăpost, îmbrăcăminte, combustibil, leacuri pentru suferinţele trupului, mijloace de transport (pirogi, şalupe, bărci, schiuri, trenuri etc.) şi multe, multe alte produse necesare traiului.

Folosirea focului a fost posibilă pe baza utilizării drept combustibil a materialelor de natură vegetală. În istoria omenirii stăpînirea focului a marcat o etapă importantă care a permis prepararea alimentelor, ceea ce, alături de alţi factori, a dus la o mai bună dezvoltare a omului. În strînsă legătură cu aceasta a apărut şi s-a

perfecționat treptat agricultura, care a contribuit la progresul civilizației.

După cum consemnează literatura, plantele au servit la însăși obținerea focului. Prin frecarea a două lemne uscate, timp mai îndelungat, oamenii preistorici reușeau să obțină scînteia necesară aprinderii focului. Practica aceasta era întîlnită și la ciobanii din țara noastră pînă la începutul secolului al XX-lea. Ei credeau că focul obținut astfel avea puteri miraculoase și-l numeau „foc viu".

Plantele au jucat un rol important ca mesager al gîndirii. Înainte chiar de inventarea scrisului, oamenii le foloseau pe unele dintre ele punîndu-le într-o anumită poziție în drumurile de vînătoare pentru a-și da de știre unii altora despre accidentele survenite, ajutoarele pe care le așteptau sau despre succesele obținute. În zilele noastre se mai păstrează asemenea practici la indienii din America de Nord. Oare obiceiul, întîlnit încă destul de frecvent, de a înfige o ramură înfrunzită la marginea unui loc primejdios (groapă, canal etc.), pentru a atrage atenția asupra pericolului, nu este o reminiscență din acele îndepărtate timpuri? Iar cînd omul a inventat scrisul, materialele de scris au fost, cel mai adesea, de natură vegetală și mai tîrziu produse ale lor, dealtfel ca și azi. O dovadă este poate și faptul că în multe limbi termenul prin care se desemnează foaia de hîrtie este același sau sinonim cu cel de frunză. De pildă, în limba română, cele două noțiuni pot fi exprimate prin același termen — *foaie*. („Foaie verde sălcioară ...." etc., foioase — arbori cu frunze late-căzătoare). În limba franceză termenul *feuille* este utilizat atît pentru *frunză*, cît și pentru *foaie de hîrtie*. De asemenea, termenul *hoja* din spaniolă denumește noțiunea de *frunză* și pe aceea de *foaie de hîrtie*. Toți acești termeni au la origine latinescul sing. *folium* — pl. *folia* = *frunză; foaie de hîrtie*.

Și astăzi produsele vegetale se regăsesc practic în toate sectoarele de activitate omenească. Pretutindeni, direct sau indirect, viața omului depinde de plante, aceste modeste și aparent imobile viețuitoare ale pămîntului. În ciuda uriașelor progrese realizate de om pe drumul dezvoltării științei și tehnicii, subzistența sa rămîne tributară activității plantelor care, prin procesul de fotosinteză, captează lumina solară, silind-o să-și transfere energia dătătoare de viață moleculelor organice. Căci dacă în unele domenii industriale energia solară a început să fie folosită într-o măsură tot mai mare, în ceea ce privește crearea de materie organică, omul trebuie să se rezume, deocamdată, la ceea ce-i pot oferi plantele[1].

Biomasa acumulată prin fotosinteza plantelor servește ca sursă de hrană pentru om și animale, ca lemn de construcție, pentru mobilă și diferite alte obiecte, combustibil. Depozitele vechi de resturi vegetale au dat naștere zăcămintelor de cărbuni, petrol, gaze naturale. Importanța lor reiese din faptul că industria energetică a zilelor noastre continuă să se bizuie mai ales pe aceste resurse. Cărbunii reprezintă circa 93% din rezervele

[1] În anul 1976, dr. Ioseph Katz, de la Argonn Nat., statul Illinois, S.U.A., a realizat o „frunză artificială", eveniment consemnat în presă și sinonimat cu fotosinteza artificială. În fapt, este vorba de o pilă electrică bazată pe una dintre etapele fotosintezei, și anume pe aceea în care fotonii „lovesc" clorofila determinînd eliberarea de electroni. Spre deosebire de fotosinteza naturală însă, în instalația lui Katz, acești electroni nu participă la stocarea de energie (de exemplu, la formarea de ATP), ci sînt preluați de un capturator de electroni stabilind un flux continuu de electroni, deci de curent electric. Aceasta se realizează numai prin simpla iluminare a unei membrane de clorofilă care desparte compartimentele instalației.

Descoperirea reprezintă o sursă de energie ieftină, pornind de la apă și clorofilă, precum și o sursă de hidrogen, socotit combustibilul ideal. Totodată ea constituie un pas important spre sinteza artificială de substanțe organice (glucide, proteine).

energetice mondiale utilizabile la nivelul tehnicii actuale. În 1973, petrolul însuma 91 miliarde t rezerve, iar volumul gazelor naturale era de peste 53 000 miliarde t. În perspectiva epuizării unora dintre aceste rezerve, multe state au trecut la prospectarea şi exploatarea altor surse de energie (hidraulică, eoliană, geotermică, nucleară, solară, a hidrogenului), al căror preţ de cost este însă deocamdată prea ridicat pentru a avea importanţă practică.

Plantele industriale constituie materia primă pentru variate produse. Astfel, din sfecla de zahăr şi trestia de zahăr se obţine zahărul; din seminţele de floarea soarelui, soia, in, ricin se extrag uleiuri comestibile, medicinale şi industriale; din cacao şi cocos se produc grăsimi folosite în industria farmaceutică. Din seminţe, tuberculi de cartofi, măduva unor palmieri etc. se fabrică amidonul. Din arborele de cauciuc se extrage cauciucul natural, care în unele domenii este de neînlocuit. De exemplu, la ora actuală, jumătate din producţia mondială de pneuri folosite în industria automobilelor se realizează din cauciuc natural, iar în ce priveşte pneurile avioanelor, acestea se confecţionează exclusiv din cauciuc natural, care are o mai bună aderenţă pe pistele de beton ale aeroporturilor.

O bună parte din industria parfumurilor se bazează pe uleiurile volatile extrase din plante (mai ales din trandafir, dar şi din multe altele).

Un loc deosebit îl ocupă plantele textile: inul, cînepa, bumbacul, iuta etc., care dau mare parte din materia primă a industriei textile. Desigur, fibrele sintetice cunosc în prezent o dezvoltare deosebită, dar ele nu pot substitui în totalitate fibrele naturale de origine vegetală.

Lemnul provenit din tulpinile arborilor (stejar, fag, nuc etc.) continuă să fie materialul de bază în industria mobilei, obiecte utile şi estetice indispensabile vieţii

noastre moderne. Chiar în construcţii, unde fierul, betonul, sticla ocupă o poziţie predominantă, lemnul îşi găseşte încă o largă întrebuinţare. În ce priveşte ramurile tinere şi mlădioase ale unor plante (răchită, salcie), ca şi frunzele şi tulpinile altora (papură, orez etc.), ele servesc în industria artizanală la diferite împletituri, de la cele mai grosiere (coşuri, rogojini etc.) şi pînă la cele mai fine (pălării, genţi, tablouri pictate etc.). Datorită inventivităţii omului, chiar şi deşeurile de lemn sînt folosite cu mare eficienţă. Din ele se fac plăcile aglomerate utilizate în industria mobilei, servesc la producerea pastei de celuloză din care se fabrică hîrtia, cu multiplele ei întrebuinţări, iar deşeurile de la fabricarea celulozei sînt întrebuinţate ca substrat pentru cultura ciupercilor din genul *Candida* (*Torula*), în scopul obţinerii de proteină furajeră.

Din unii arbori (stejarul de plută, mesteacăn etc.) se extrage pluta, folosită ca material izolant în industria avioanelor, la confecţionarea colacilor de salvare etc.

De-a lungul vremurilor, plantele au constituit principala sursă pentru prepararea coloranţilor. Pe pereţii mînăstirilor din nordul Moldovei (Voroneţ, Suceviţa etc.) admirăm şi astăzi tainicele amestecuri de coloranţi extraşi din plante, cu care artiştii populari autohtoni au pictat minunatele fresce care au rezistat tuturor intemperiilor, atîtea sute de ani.

Diferite excreţii ale unor plante sînt, de asemenea, folosite. De pildă, ceara de pe frunzele unor palmieri sau chihlimbarul, care reprezintă o răşină fosilă de origine vegetală, conservată natural în anumite condiţii. Din chihlimbar, care are culoarea galbenă, brună sau verzuie, se confecţionează diferite obiecte de podoabă (piatră de inel, medalioane, mărgele etc.).

Polenul şi nectarul florilor îşi găsesc numeroase întrebuinţări în cosmetică şi farmacie, iar mierea, bogată în principii nutritive şi vitamine, este recomandată ca

panaceu universal împotriva bolilor, pentru menținerea sănătății și prelungirea vieții.

În sfîrșit, motivele florale au pătruns în pictură și sculptură, în cusăturile naționale, unde măiestria poporului împletită cu observarea atentă a naturii au permis redarea artistică a formelor și culorilor din lumea vegetală, spre încîntarea ochiului și bucuria sufletului.

Din vremuri străvechi, omul a folosit unele plante în scopuri vindecătoare, ca leacuri împotriva diferitelor boli. Pe pereții templului din Karnak (Egipt), pe monumente asiriene, sumeriene și persane se găsesc desene gravate sau sculpturi stilizate de plante medicinale, datînd din perioada 2 000—1 500 î.e.n.

Dintre cele 22 000 de tăblițe sumeriene, care au o vechime de circa 5 000 de ani, 33 cuprind informații detaliate cu privire la plantele medicinale. De asemenea, în papirusul găsit la Ebers (Egiptul antic), datînd din anul 1 500 î.e.n., sînt descrise circa 200 de plante tămăduitoare. Pe monedele din Cyrene, din perioada 800—200 î.e.n., apare planta medicinală *Sylphium* (*Ferula*), din familia umbelifere. Ea a fost folosită atît de intens ca medicament — de către greci și romani —, încît a dispărut cu desăvîrșire la începutul Imperiului roman.

După cum consemnează Hipocrate (care a descris peste 236 de plante medicinale), ea era vîndută pe echivalentul greutății ei în aur sau pe mărfuri din Atena și Roma, fiind folosită împotriva febrei ca sudorific. Tot el afirmă că drogul preparat din ultima plantă găsită ar fi fost oferit cu mare pompă lui Nero.

Istoriile lui Herodot, *Iliada* și *Odiseea*, ca și vechile cărți sfinte ale unor popoare (Biblia, Vedele etc.) abundă în mențiuni și sfaturi cu privire la folosirea diferitelor plante medicinale. Numeroși oameni de știință și filozofi ai antichității (Dioscoride, Galen, Pliniu cel Bătrîn etc.) se apleacă cu atenție asupra plantelor medicinale, descriindu-le înfățișarea și locul de trai, enumerîndu-le virtuțile și uneori dînd chiar rețete de preparare a unor leacuri, sub formă de pudre, pomezi etc. Alți savanți macerează plantele în alcool obținînd tincturi și apoi, prin evaporarea acestora, extracte. Unii cercetători obțin principiile active din plante prin distilare. Treptat, pe măsura acumulării cunoștințelor și a dezvoltării tehnicii, iau naștere laboratoare complexe și uzine în care se extrag din plante substanțele chimice care stau la baza a numeroase medicamente.

În timpurile moderne industria farmaceutică s-a dezvoltat și diversificat pe baza medicamentelor de sinteză, obținînd rezultate spectaculoase în tratarea unor boli pînă mai ieri incurabile. Să nu uităm însă că la originea acestor rezultate stau tot plantele medicinale care, în proporție de peste o treime, constituie materia primă din care se extrag diferitele produse farmaceutice. Unul din motivele pentru care folosirea plantelor medicinale se menține în plină actualitate constă în faptul că descoperirea, cercetarea și extracția principiilor active din aceste plante se soldează cu cheltuieli mai mici decît sinteza artificială a unor substanțe chimice. Specialiștii apreciază că există în prezent circa 8 000 de principii active extrase din plante, precum și o serie întreagă de produși intermediari care servesc ca bază la prepararea medicamentelor. Studierea acestora a permis utilizarea lor ca modele chimice pentru fabricarea unor substanțe farmaceutice. Salicina, de exemplu, substanță extrasă din salcie, stă la baza fabricării aspirinei (acid salicilic).

Multe cercetări se îndreaptă în prezent spre extragerea din plante a unor medicamente anticanceroase. Printre acestea sînt *Ochrosia eliptica*, vîscul etc. De asemenea, se încearcă obținerea unor extracte antigripale din plante binecunoscute, cum ar fi mușețelul

(*Matricaria chamomilla*), ciuboţica cucului (*Primula officinalis*), omagul (*Aconitum napellus*) etc.

În ţara noastră industria farmaceutică cunoaşte o amploare deosebită. Din gama variată a sortimentelor farmaceutice, multe (25—30%) se bazează pe extracte exclusiv vegetale. Un exemplu este produsul românesc Boicil Forte, medicament cu efecte strălucite în afecţiunile reumatice, circulatorii periferice, nevrite, spondilite etc.

Principalele tipuri de substanţe extrase din plante sînt: antibiotice, vitamine, alcaloizi, glucozizi, acizi etc.

Antibioticele, substanţe care au proprietatea de a omorî sau inhiba dezvoltarea bacteriilor şi ciupercilor patogene, sînt extrase, în general din culturi de ciuperci. În 1928, medicul şi bacteriologul englez Sir A. Fleming (1881—1955) a descoperit penicilina, pentru ca în 1939 biochimistul englez E. B. Chain şi H. W. Florey (1898—1968), medic şi bacteriolog australian, să izoleze, în stare pură, pentru prima dată, principiul activ al ei din ciuperca *Penicillium notatum*. Pentru această realizare epocală, care a deschis era antibioticelor în medicină, celor trei savanţi li s-a acordat, în 1945, Premiul Nobel pentru medicină. De atunci au fost preparate şi folosite cu succes numeroase alte antibiotice (streptomicina, eritromicina etc.) care au permis învingerea multor boli infecţioase, de exemplu t.b.c., o adevărată plagă socială pînă la descoperirea lor. Cercetări recente se orientează asupra unor plante superioare, cum ar fi răchiţelele (*Vaccinium oxycoccos*), care creşte în turbării, sunătoarea (*Hypericum perforatum*), limba şarpelui (*Echium vulgare*), plantă de regiuni nisipoase, însorite. Dealtfel, se cunoaşte de mult faptul că şi plantele superioare elaborează principii antibiotice (fitoncide), dar nu s-au putut stabili încă procedeele tehnologice de extragere a lor. Dintre aceste plante amintim

coada şoricelului, pătlagina, ienuperul şi mai ales ceapa şi usturoiul.

Vitaminele sînt substanţe organice de natură proteică, indispensabile organismului, deoarece ele au un rol esenţial în procesele metabolice. Multe dintre ele se sintetizează în corpul plantelor superioare sau în microorganisme, de unde sînt preluate odată cu hrana de către animale şi oameni. Se extrag pe cale industrială mai ales din microorganisme. De exemplu, vitamina B_{12} (ciancobalamina), antianemică, se extrage ca subprodus la fabricarea streptomicinei din culturile de *Streptomyces griseus*.

Plantele formează sursa naturală a numeroase vitamine (C, D, B_1, B_{12}, E, K, PP, A, H) cu rol important în buna desfăşurare a creşterii şi dezvoltării.

O grupă de compuşi organici extraşi din plante, de o excepţională importanţă în industria farmaceutică, o constituie *alcaloizii*. Aceste substanţe sînt otrăvuri puternice care produc intoxicaţii grave, dar care în concentraţii mici au proprietăţi terapeutice valoroase, fiind folosiţi ca medicamente. Compoziţia lor chimică este foarte complexă şi diferită, dar prezintă în mod constant azot, care le dă un caracter bazic (alcalin). De aceea primul lor nume a fost de alcali vegetali.

Primul alcaloid a fost izolat din capsulele de mac, de către Sertüner Derosne, în 1817, acesta fiind morfina, care are acţiune analgezică. Ulterior a fost descoperită chinina, apoi cafeina, atropina, cocaina, nicotina, papaverina, stricnina, colchicina. În prezent, medicina dispune de un număr imens de alcaloizi: opiul (extras din seminţele de mac), coniina (din cucută), rezerpina (din *Rauwolfia serpentina*, plantă originară din India), psilocibina (extrasă dintr-o specie de ciuperci, folosită de indienii din Mexic), care are proprietăţi psihoterapeutice. Tot dintre alcaloizi face parte haşişul, extras dintr-o specie de cînepă din India (*Canabis sativa* var.

indica), care acționează ca excitant psihic. În cantități mari dă toxicomanii grave. Ergotina, alcaloid extras din cornul secarei, este folosit ca medicament hemostatic (oprește hemoragia sanguină). În cantități mari determină tulburări nervoase, digestive și cardiorespiratorii. Ceaiul, cafeaua și cacaua conțin, de asemenea, alcaloizi, de aceea consumarea lor în doze mari poate fi dăunătoare.

O altă grupă de substanțe importante extrase din plante o formează *glucozizii* care au în componența lor o moleculă de glucoză (de unde și numele) și una de natură variabilă. Glucozizii stau la baza fabricării a numeroase medicamente cardiotonice (digitalina, digitoxina etc.).

Unii acizi grași extrași din plante (acizii solmoogric, hidnocarpic și gorlic) au fost primele medicamente active împotriva leprei.

Dintre alcoolii de origine vegetală, o largă utilizare în medicină au alcoolii: etilic, metilic, glicerina etc.

Alături de aceste produse farmaceutice, care reprezintă rezultatul unor laborioase cercetări și procese de producție complexe, oamenii de pretutindeni continuă străvechea tradiție a folosirii plantelor medicinale sub forma simplă de ceaiuri, cataplasme etc. — prețios adjuvant terapeutic.

Descifrînd structura intimă a principiilor active din plantele medicinale ca și mecanismul lor de acțiune, omul nu s-a mulțumit să producă medicamentele respective pornind numai de la sursele naturale, ci a trecut la sinteza lor artificială. Astfel s-a reușit, de exemplu, ca prin metilarea codeinei să se obțină morfina folosită în medicină la calmarea durerilor puternice. Acest produs este mult mai puțin toxic și nu dă fenomene de obișnuință. De asemenea, încercînd să obțină pe cale sintetică cocaina, chimiștii au descoperit substanțe cu formule chimice mai simple, cu proprietăți anestezice

mai puternice și cu un grad de toxicitate foarte scăzut (novocaina, pantocaina etc.). În prezent, multe antibiotice se fabrică pe cale sintetică, pornindu-se însă de la modelul chimic al substanțelor naturale furnizate de plante.

Numeroase specii de microorganisme, prin activitatea lor de fermentație, stau la baza unor ramuri ale industriei chimice și alimentare. Amintim dintre acestea drojdiile (diferite specii de *Saccharomyces*), cu mare importanță în panificație, vinificație, industria berei etc.

Microorganismele din sol (bacterii, ciuperci) au o importanță deosebită în mineralizarea resturilor organice și respectiv în aprovizionarea solului cu substanțe necesare creșterii plantelor superioare. Prin activitatea lor neîntreruptă, de pe urma cărora își procură energia necesară propriului metabolism, aceste vietuitoare îndeplinesc un rol important în natură și în viața omului.

Plantele constituie un bun material de experiență, prin faptul că au structuri și funcții mai simple decît animalele, fiind în același timp mai ușor de crescut și deci mai ieftine. Avînd un ciclu de dezvoltare relativ scurt (în special microorganismele), ele au servit ca material ideal de laborator, pentru numeroase experiențe de genetică în care se urmărește transmiterea unor caractere de la o generație la alta.

Dintre plantele inferioare, algele microscopice sînt utilizate ca plante de experiență pentru rezolvarea unor probleme de fiziologie, de exemplu fotosinteză, respirație, nutriție minerală etc.

Unele plante joacă un rol important în recunoașterea gradului de poluare a mediului în care trăiesc. În ape, asemenea plante, numite indicatoare, sînt unele alge. De exemplu, apariția algei albastre *Oscillatoria rubescens* în lacul Geneva a marcat un semnal de alarmă cu privire la gradul de impurificare a apelor lui.

Plantele şi-au trecut botezul focului în zborurile cosmice dovedindu-şi şi în această privinţă utilitatea lor în viaţa omului. Algelor unicelulare, şi mai ales speciei *Chlorella*, li se prevede o carieră cosmică strălucită. Experienţele au dovedit că ele pot realiza împreună cu omul un circuit al materiei perfect: în cabina ermetic închisă algele asimilează CO_2 eliminat de cosmonaut în procesul de respiraţie, folosindu-l în fotosinteză. Concomitent, ele degajă oxigen, necesar cosmonauţilor pentru respiraţie. În acelaşi timp, prin biomasa pe care o realizează, algele pot furniza şi proteina necesară în alimentaţia cosmonauţilor.

Dealtfel, în privinţa proprietăţilor nutritive pe care le au, algele unicelulare au atras atenţia oamenilor de ştiinţă, care îşi pun mari speranţe în valorificarea lor în scopul satisfacerii necesităţilor de hrană. O astfel de specie plină de promisiuni este şi *Chlorella*, candidata nr. 1 la funcţia cosmică. Raportat la greutatea ei, *Chlorella* conţine circa 50% proteine, restul fiind format din lipide, glucide şi alte substanţe organice, inclusiv aproape toate vitaminele cunoscute. Pentru a ne da seama de valoarea ei nutritivă, amintim că seminţele leguminoaselor conţin numai 30% proteine, iar boabele de grîu 24%.

În natură plantele au un rol important în *reglarea factorilor climatici*, prin menţinerea unei umidităţi şi temperaturi prielnice dezvoltării vieţii. Prin cantitatea imensă de apă pe care o elimină pe calea transpiraţiei, vegetaţia pădurilor, de exemplu, influenţează frecvenţa şi cantitatea precipitaţiilor pe o largă arie înconjurătoare, contribuind la dezvoltarea în bune condiţii a culturilor agricole. În aprovizionarea solului cu substanţe organice plantele contribuie prin numeroasele resturi care rămîn în pămînt după recoltare, prin frunzişul des, în cazul pădurilor, care căzînd pe suprafaţa solului formează litiera, mineralizată treptat de către microorganisme.

O serie de specii vegetale sînt folosite la fixarea suprafeţelor în pantă, prevenindu-se pe această cale alunecările de teren, eroziunea şi degradarea solului. De asemenea, la fixarea dunelor de nisip din regiunile deşertice, ca şi la plantaţiile în lizieră pentru combaterea spulberării zăpezilor de pe terenurile agricole, în timpul iernii.

Alături de plantele terestre, vegetaţia submersă a Oceanului Planetar reprezintă o preţioasă sursă de hrană şi materii prime. Suprafaţa mărilor şi oceanelor (de circa 361 milioane km^2, ceea ce reprezintă 71% din suprafaţa planetei) este brăzdată de tot mai multe nave de pescuit, modern utilate, adevărate uzine de prelucrare a produselor mării, destinate să satisfacă cerinţele alimentare mereu crescînde ale omenirii contemporane. Specialiştii apreciază că valorificarea raţională a produselor alimentare oferite de ocean ar întrece de 4—5 ori cantitatea de alimente produse de uscat, existînd deci posibilitatea ca oceanul să hrănească un număr de 30 miliarde de oameni, adică de 7 ori mai mult decît actuala populaţie a pămîntului. Produsele de pescuit obţinute pe întregul glob se dublează la fiecare 10 ani, ceea ce constituie o dovadă a imensului potenţial de hrană pe care-l oferă adîncurile oceanice. Dacă ne gîndim că la baza piramidei trofice se situează modesta lume a plantelor, fără de care n-ar putea exista nici o altă formă de viaţă, înţelegem importanţa esenţială a acestora şi rolul pe care-l joacă în aprovizionarea omenirii cu proteină şi alte substanţe nutritive. Reamintim că în procesul fotosintezei plantele acvatice eliberează circa 80% din oxigenul atmosferei, contribuind astfel la împrospătarea oxigenului atmosferic. Dealtfel, oceanul reprezintă o mare speranţă a lumii contemporane nu numai pentru capacitatea lui de a contribui la satis-

facerea foamei cronice de care suferă în prezent aproape jumătate de miliard de oameni, ci şi pentru că el constituie o sursă practic inepuizabilă de energie, de asemenea, de origine organică, precum şi de multiple bogăţii minerale.

Dar exploatarea intensivă a acestui imens tezaur necesită utilaje complexe şi scumpe de care nu dispun deocamdată toate ţările. De aceea, în etapa actuală au loc dezbateri la nivel internaţional în care se caută cele mai bune mijloace de organizare şi cooperare între state în vederea valorificării echitabile a bunurilor mării. Instaurarea unei noi ordini economice şi politice internaţionale, pentru care militează la loc de frunte şi ţara noastră, va avea printre alte urmări şi pe aceea de a găsi cele mai eficiente mijloace de exploatare a mărilor şi oceanelor.

Nu putem încheia acest capitol despre utilitatea plantelor fără a aminti, măcar în treacăt, funcţia estetică pe care o îndeplinesc plantele în natură şi în viaţa omului. Din desenele găsite pe pereţii unor peşteri străvechi, din însemnările rămase de la înaintaşi, ca şi din toate manifestările artistice ale omului (pictură, sculptură, muzică, literatură etc.) reiese că el a fost dintotdeauna impresionat de frumuseţea naturii în totalitatea ei şi mai ales de aceea a plantelor. Atracţia pentru plantele decorative a fost constantă, dezvoltîndu-se pe măsura evoluţiei societăţii omeneşti. Treptat, cultivarea plantelor ornamentale a devenit o adevărată specialitate, s-au făcut cercetări prin care s-au obţinut sute şi mii de varietăţi, care mai de care mai interesante prin formă, culoare, miros. Numeroase parcuri publice şi zone verzi special amenajate în marile centre urbane vin în întîmpinarea citadinului, oferindu-i un refugiu plăcut şi tonifiant şi menţinînd legătura cu natura-mamă.

PLANTELE VERZI — FACTOR NATURAL ANTIPOLUANT. OCROTIREA „AURULUI VERDE", COMPONENTĂ A LUPTEI PENTRU PROTECŢIA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR

În zilele noastre se vorbeşte tot mai mult de ocrotirea naturii, de necesitatea luptei împotriva poluării aerului, apei, solului. De la omul de rînd şi pînă la factorii răspunzători de bunul mers al societăţii, problema protecţiei naturii şi a luptei împotriva poluării mediului a devenit o preocupare majoră.

Prin poluare se înţelege fenomenul complex de alterare a factorilor de viaţă — aer, apă, sol, vegetaţie, faună etc. — datorită diferitelor activităţi umane. Dezvoltarea intensă a diverselor ramuri industriale (chimică, energetică, metalurgică etc.), chimizarea intensă şi uneori abuzivă a agriculturii, intensificarea circulaţiei şi transporturilor, dezvoltarea urbanismului au ca efecte secundare acumularea unor mari cantităţi de deşeuri şi compuşi nocivi care nu pot fi biodegradaţi pe măsura producerii lor. Această situaţie afectează negativ desfăşurarea normală a vieţii tuturor organismelor, inclusiv a omului. Criteriul principal de apreciere a gradului de poluare a mediului este prezenţa unor compuşi chimici care, direct sau indirect, pot periclita existenţa omului în prezent sau în viitor.

Prin funcţia lor de bază, fotosinteza, plantele verzi constituie un factor important de asanare a mediului,

de contracarare a fenomenului poluării. Absorbind din atmosferă CO_2, necesar proceselor de sinteză, plantele curăţă aerul de acest gaz dăunător respiraţiei omului şi celorlalte vieţuitoare. Pînă la un anumit prag, surplusul de CO_2 provenit din dezvoltarea automobilismului şi din diferite procese industriale de ardere este preluat de plante care-l folosesc ca materie primă în asimilaţia clorofiliană. Pe de altă parte, am văzut că oxigenul rezultat din descompunerea apei este eliminat în atmosferă. Prin aceasta, plantele verzi aprovizionează atmosfera cu gazul necesar organismelor în procesul respiraţiei, purifică aerul atmosferic, conferindu-i calitatea de a fi respirabil.

Aşadar, „aurul verde", cum pe drept cuvînt au fost numite plantele, este pentru om de o strictă necesitate. În afara diferitelor produse de origine vegetală pe care i le furnizează, şi despre care am vorbit în alt capitol, vegetaţia îndeplineşte şi o funcţie sanogenă, de păstrare a sănătăţii, de întreţinere şi stimulare a proceselor metabolice.

Dar plantele sînt şi ele organisme vii, a căror dezvoltare necesită o anumită calitate a condiţiilor de viaţă. Dacă gradul de poluare depăşeşte anumite limite, plantele sînt vătămate reversibil sau chiar ireversibil. Celulele, inclusiv cloroplastele, în care are loc fotosinteza, îşi pierd proprietăţile caracteristice, nu mai pot capta lumina solară, plantele se îngălbenesc şi mor.

Dar asupra plantelor nu se exercită numai influenţa diferiţilor poluanţi din mediul înconjurător, ci şi acţiunea directă a omului care valorifică diverse produse vegetale în scopuri economice, medicale, turistice.

Dezvoltarea unor ramuri industriale care au la bază materii prime de origine vegetală, ca şi amploarea pe care a luat-o turismul în toate ţările lumii au avut ca urmare defrişarea unor largi zone păduroase şi rărirea pînă la ameninţarea cu dispariţia a unor specii de plante. Dintre acestea, unele şi-au restrîns atît de mult aria de răspîndire, încît cu greu mai pot fi găsite, cum este cazul frumoasei flori de colţi din ţara noastră.

Din această cauză a fost necesară luarea unor măsuri severe de protejare a vegetaţiei în ansamblul ei, ca parte componentă importantă a mediului înconjurător, precum şi a acelor specii cu importanţă ştiinţifică deosebită a căror răspîndire s-a redus îngrijorător, fiind pe cale de dispariţie. Unele dintre aceste specii constituie, prin frumuseţea lor, adevărate „monumente ale naturii", cum sînt zîmbrul (*Pinus cembra*) din pădurile noastre montane, delicata garofiţă a Pietrei Craiului (*Dianthus callizonus*), endemism pentru România, şi multe altele. Dar acţiunea de protejare nu se exercită numai asupra unor specii luate izolat. Deoarece plantele nu trăiesc izolat, ci alcătuiesc diferite formaţiuni (păduri, păşuni, lunci, turbării etc.), ocrotirea se răsfrînge cel mai adesea asupra unei asemenea asociaţii sau biocenoze, împreună cu biotopul respectiv. Astfel, în afară de unele specii rare, ameninţate cu dispariţia, sînt protejate şi o serie de specii vegetale care trăiesc numai în ţara noastră (*endemisme*), precum şi altele care se găsesc la limita arealului lor de răspîndire. Printre asociaţiile complexe protejate sînt multe zone păduroase, de şes, dar mai ales de munte, păşuni, mlaştini, un anumit perimetru din Delta Dunării, chei, masive muntoase întregi. Asemenea zone de vegetaţie naturală protejate de lege poartă numele de *rezervaţii naturale* şi sînt de mai multe feluri: parcuri naţionale, parcuri naturale, rezervaţii ştiinţifice, peisagistice, monumente ale naturii. În prezent există în ţara noastră un număr de 257 de rezervaţii naturale, între care multe forestiere şi complexe.

* *
*

Cea mai valoroasă formaţiune vegetală din ţara noastră, adevăratul nostru „aur verde", o formează pădurile. În trecut ele acopereau suprafeţe imense, dar din cauza exploatării lor abuzive întinderile păduroase s-au redus mult. Unele regiuni muntoase au fost complet dezgolite, cum sînt Munţii Vrancei, Muntele Rîşnovu — de pe Valea Prahovei, unele zone de pe valea Lotrului, din munţii Buzăului etc. Se apreciază că numai în perioada 1781—1918 au fost defrişate circa 2,5 milioane ha.

Pădurile au constituit deci primul semn de îngrijorare! Într-adevăr, această situaţie îngrijorătoare a fost sesizată de minţile luminate ale vremii. Printre aceştia amintim pe domnitorul Alexandru Ioan Cuza şi pe Ion Ionescu de la Brad, renumitul agronom care, într-o lucrare din 1866, propune „înfiinţarea unor plantaţii de protecţie pe culmile unor dealuri ..." Tot în acea perioadă, P. S. Aurelian, „viitorul preşedinte al Consiliului de Miniştri, ... cerea întocmirea unei legi pentru apărarea pădurilor şi ... a apelor".

Unele preocupări de apărare a pădurilor şi de stăvilire a tăierilor iraţionale au existat încă de la sfîrşitul secolului al XVIII-lea, cînd apare o legislaţie silvică şi se iniţiază învăţămîntul silvic. În 1843 fusese votată în Moldova o lege pentru creşterea şi exploatarea pădurilor, dar practic ea nu a fost aplicată.

Pe la jumătatea secolului al XIX-lea se înfiinţează primele grădini botanice: cea de la Iaşi, în 1856 şi cea de la Bucureşti, în 1860. Tot în acea perioadă se pun bazele primului parc dendrologic din ţară, la Simeria, jud. Hunedoara. Azi parcul cuprinde 560 de unităţi vegetale, fiind declarat rezervaţie naturală.

În 1886 ia fiinţă la Bucureşti prima societate, intitulată „Progresul silvic", care avea ca scop buna gospodărire a pădurilor. Deşi societatea a scos şi o „Revistă a pădurilor", a iniţiat conferinţe ştiinţifice publice pe teme silvice şi în general a avut „o activitate meritorie, ea nu a putut împiedica exploatarea prădalnică" a pădurilor din România.

După datele statistice publicate reiese că în intervalul 1919—1938 suprafaţa pădurilor s-a micşorat cu încă 1,3 milioane ha, adică aproape 1/5 din întregul patrimoniu silvic.

* *
*

La începutul secolului al XX-lea, printre pionierii ocrotirii frumuseţilor naturale din ţara noastră se numără pictorul Nicolae Grigorescu, medicul A. Bernath, scriitorul C. Hogaş şi, în mod inevitabil, doi naturalişti: botanistul Dimitrie Grecescu şi ornitologul I. P. Licherdopol. Alexandru Odobescu, literat erudit şi iubitor al naturii, a stimulat elaborarea primelor legi de vînătoare iar în 1907 reprezentantul României la Congresul Internaţional de Agricultură, ţinut la Viena, inginerul silvic P. Antonescu, preconizează primele legi de ocrotire a naturii, a raritătilor ei. Tot în 1907 sînt propuse ca rezervaţii naturale pădurile seculare Slătioara şi Putna, dar abia în 1925 este declarată rezervaţie naturală pădurea Slătioara de pe muntele Rarău, în suprafaţă de 671,11 ha.

Ulterior în grupul ocrotitorilor naturii intră trei naturalişti de prestigiu: Grigore Antipa, Iuliu Prodan şi Alexandru Popovici-Bîznoşanu. În 1921 se înfiinţează prima societate a iubitorilor naturii, în fruntea căreia se află M. Haret. În 1922 ia naştere „Frăţia munteană", din iniţiativa strălucitului naturalist Emil Racoviţă. Se iniţiază primele rezervaţii naturale şi ia amploare o largă mişcare în favoarea ocrotirii naturii. De-a lungul ultimelor cinci decenii şi jumătate, naturalişti renumiţi

își înscriu numele — alături de înaintașii lor — în cartea de aur a istoriei mișcării de ocrotire a naturii din România: Alexandru Borza, Emil Pop, Valeriu Pușcariu, E. Nijárády, C. C. Georgescu, G. Vîlsan, Ionel Pop, C. Motaș, N. Sălăgeanu, Șt. Peterfi, G. Ionescu-Sișești, Iuliu Morariu, T. Ștefureac, I. T. Tarnavschi, M. Băcescu, I. Popescu-Zeletin, N. Botnariuc etc.

Prima rezervație naturală de mare amploare este Parcul Național Retezat, înființat în 1935. În prezent, această rezervație complexă, care include zone păduroase, goluri alpine, lacuri glaciare, faună și floră, se întinde pe o suprafață de 20 000 ha.

Alte 19 rezervații i se adaugă în perioada interbelică. Printre primele plante ocrotite se numără frumoasa floare de colți (*Leontopodium alpinum*), mesteacănul pitic (*Betula humilis*) și dreți sau nufărul termal (*Nimphea lotus* var. *thermalis*) care crește spontan (în singura sa stațiune europeană) într-o porțiune din apele calde ale pîrîului Peței, din apropierea localității balneo-climaterice 1 Mai-Oradea.

Treptat, noi specii de plante intră sub protecția legii: bujorul românesc (*Paeonia romanica*), cu flori sîngerii, care crește în sudul țării, fiind ocrotit în rezervația de la Comana, din apropierea orașului București; papucul-doamnei (*Cypripedium calceolus*), a cărei floare, de culoare galbenă, cu puncte și dungi purpurii pe partea interioară, amintește de forma unui pantof etc. (pl. IV).

În prezent, lista de specii vegetale ocrotite este foarte mare, rămînînd în continuare deschisă.

Planșa IV. Specii de plante ocrotite: 1. Floarea de colți (*Leontopodium alpinum*); 2. Smirdarul (*Rododendron kotschyi*); 3. Papucul-doamnei (*Cypripedium calceolus*); 4. Dreți sau lotusul termal (*Nimphea lotus* var. *thermalis*); 5. Garofița Pietrei Craiului (*Dianthus callizonus*); 6. Bujorul românesc (*Paeonia romanica*); 7. Larița (*Larix decidua*).

Amintim dintre acestea un reprezentant vegetal al zonelor alpine (originar din Himalaiya), smirdarul sau rododendronul (*Rhododendron kotschyi*), cu flori roşii-purpurii sau rozacee, care formează oaze de pajişti în munţii Rodnei şi în Carpaţii Meridionali. O altă raritate din această zonă este zîmbrul (*Pinus cembra*), un conifer cu port monumental. Delicata garofiţă a Pietrei Craiului (*Dianthus callizonus*) este, de asemenea, ocrotită în unicul ei sălaş din România, Piatra Craiului.

Toate rezervaţiile complexe includ în componenţa lor elemente floristice, zone de vegetaţie, în majoritatea cazurilor fiind vorba de zone păduroase.

Una dintre rezervaţiile de mare amploare, în curs de organizare, este Parcul Natural din Munţii Apuseni, care va cuprinde, printre altele, perimetrul peşterii Gheţarul de la Scărişoara.

În Munţii Bucegi există trei rezervaţii complexe în zonele Sinaia-Buşteni-Azuga, Moroeni şi Bran-Zărneşti, totalizînd aproape 800 ha.

Rezervaţia naturală din Munţii Făgăraş cuprinde Valea Bîlei, lacurile alpine şi vîrful Moldoveanul, caprele negre, precum şi toate elementele floristice din zona alpină.

Muntele Piatra Craiului, Muntele Cozia, Domogled, de lîngă Băile Herculane, Pietrosul Rodnei, din apropierea localităţii Borşa, Ceahlăul sînt ocrotiţi în întregime, cu elementele faunistice şi floristice care le sînt caracteristice. De asemenea, Cheile Bicazului, Cheile Turzii, Defileul Crişului Repede, Izvoarele Nerei etc.

Printre colţurile de natură ocrotite un loc aparte ocupă Delta Dunării (rezervaţia are circa 40 000 ha), îmbinare complexă de ape, vegetaţie, faună şi plauri plutitori alcătuind toate la un loc un biotop original de o rară frumuseţe.

Dintre rezervaţiile de fîneţe, amintim pe cele de la Bosanci şi Frumoasa, jud. Suceava, Valea lui David,

jud. Iaşi, Fîneţele Clujului, Fîntîniţa Murfatlar, jud. Constanţa etc.

Pentru elementele floristice deosebite, pentru pitorescul şi importanţa lor, multe întinderi păduroase au căpătat statutul de rezervaţii naturale, bucurîndu-se de protecţia legii. Dintre acestea amintim: Codrii seculari de la Slătioara (cronologic, primii pe listă) şi Valea Putnei — Giumalău; codrul secular Glodeanu, de pe valea Doftanei, jud. Prahova; pădurea seculară Bogata, din zona oraşului Rupea, jud. Braşov; pădurea Latoriţa din jud. Vîlcea; făgetul de la Dragomirna, jud. Suceava; pădurile Frasinu şi Spătaru, jud. Buzău; pădurea Letea, jud. Tulcea; pădurile de la Dumbrăveni şi Canaraua Fetei, jud. Constanţa etc.

Vedem din cele de mai sus că „aurul verde" al ţării noastre se află la loc de cinste. Datorită politicii înţelepte a partidului şi statului nostru socialist, s-au luat măsuri de refacere, de bună gospodărire a acestei zestre milenare a poporului nostru. În decursul ultimilor 25 de ani au fost împădurite peste 1,3 milioane ha. Refacerea potenţialului silvic este o necesitate imperioasă şi pentru prevenirea degradării solului şi a colmatării bazinelor hidrografice.

Legislaţia în vigoare acordă o atenţie deosebită pădurilor şi altor forme de vegetaţie, ca factori naturali ai mediului înconjurător. Prin legea nr. 9/1973 privind protecţia mediului înconjurător (art. 6 din Dispoziţii generale) se arată că „Factorii naturali ai mediului înconjurător supuşi protecţiei, în condiţiile legii, sînt: aerul, apele, solul şi subsolul, pădurile şi orice altă vegetaţie terestră şi acvatică, fauna . . ., rezervaţiile şi monumentele naturii". Iar art. 23, din secţiunea a IV-a (Protecţia pădurilor şi a altor forme de vegetaţie) statuează căile de realizare a protejării pădurilor ca „unul dintre principalii factori ai mediului înconjurător". Spicuim din litera legii: „În elaborarea amenajamentelor

silvice se va urmări îmbinarea judicioasă a măsurilor de sporire a potențialului productiv al pădurilor cu cele de menținere și ameliorare a funcțiilor ce le are vegetația forestieră în protecția mediului înconjurător, îndeosebi pentru regularizarea debitului natural al apelor, diminuarea scurgerilor de suprafață, ameliorarea terenurilor degradate, combaterea eroziunii solului și a colmatărilor, prevenirea alunecărilor de teren, atenuarea extremelor climatice, îmbunătățirea calității aerului și înfrumusețarea peisajului". „În explorarea și exploatarea florei și vegetației spontane terestre și acvatice, de interes științific ori economic, sînt interzise metodele care împiedică regenerarea și dezvoltarea lor normală sau care influențează negativ echilibrul ecologic".

De asemenea, prin Legea nr. 2/15.IV.1976 a fost adoptat „Programul național pentru conservarea și dezvoltarea fondului forestier în perioada 1976—2010". Arătîndu-se faptul că pădurile din țara noastră constituie bun al întregului popor, una dintre principalele noastre bogății, Programul stabilește, într-o concepție unitară, științifică, un ansamblu de măsuri care au drept scop apărarea, conservarea și dezvoltarea patrimoniului silvic, valorificarea sa calitativ superioară, asigurarea unei exploatări raționale, precum și întărirea funcțiilor de protecție a pădurilor, componentă esențială a mediului înconjurător. Legea stabilește responsabilități precise cu privire la aplicarea în practică a obiectivelor, direcțiilor de dezvoltare a fondului forestier, a măsurilor prevăzute în Programul național.

Ce am mai putea adăuga noi la aceste înțelepte prevederi? Poate faptul că, așa cum spunea atît de frumos istoricul român C. Giurescu, într-o carte de curînd apărută (1975), adevărat poem științific închinat pădurii românești, aceasta a constituit dintotdeauna pentru poporul nostru un refugiu în zilele de restriște, un ajutor și un aliat în luptele pentru menținerea neamului și împotriva tuturor nedreptăților sociale. Noi, cei de azi, nu avem dreptul să știrbim bogăția și frumusețea acestui scump tezaur, izvor de sănătate și putere, ci trebuie să veghem cu toții, alături de legiuitor, pentru a-l transmite nealterat generațiilor viitoare. Aceasta trebuie să devină o problemă de conștiință, o datorie cetățenească pentru fiecare dintre noi.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. ACATRINEI, GH., *Biologia celulei vegetale*, Editura științifică și enciclopedică, București, 1974.
2. ANDREI, M., *Morfologia plantelor*, 2 vol. litografiate, București, 1975.
3. ANGHEL, M., NYÁRADAY, A. PĂUN, M., GRIGORE, ST., *Botanica*, Editura didactică și pedagogică, București, 1975.
4. BĂCESCU, M. și col., *Ecologie marină*, vol. IV, Editura Academiei, București, 1976.
5. DARWIN, CH., *Originea speciilor*, trad. din lb. engleză sub red. acad. V. Mîrza, Editura Academiei, București, 1957.
6. DORST, J., *Înainte ca natura să moară*, trad. din lb. franceză de Vl. Gusic, Editura științifică, București, 1972.
7. GIURESCU, C., *Istoria pădurii românești*, Editura „Ceres", București, 1975.
8. HERBST, C., LEȚEA, I., *Resursele energetice ale lumii*, Editura științifică și enciclopedică, București, 1974.
9. HOFFMANN, P., *Photosintese*, Akademie-Verlag, Berlin, 1975.
10. LUCRETIU, *Poemul naturii* (De rerum natura), trad. din lb. latină de T. Naum, Editura științifică, București, 1965.
11. NEDELCU, P., *Fiziologia plantelor*, Editura didactică și pedagogică, București, 1975.
12. PAPACOSTEA, P., *Biologia solului*, Editura științifică și enciclopedică, București, 1976.

13. PĂTERFI, ŞT., şi SĂLĂGEANU, N., *Fiziologia plantelor*, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1972.
14. PILET, P.,-E., *L'énergie végétale*, Press. Univ., Paris, 1967.
15. SĂLĂGEANU, N., *200 de ani de la descoperirea fotosintezei (1771—1971)*, în „Natura", nr. 1, 1971.
16. SĂLĂGEANU, N., *Fotosinteza*, Editura Academiei, Bucureşti, 1972.
17. SORAN, V., *Cloroplastul*, în „Ştiinţă şi tehnică", nr. 9, 1971.
18. STUGREN, B., şi KILLYEN, H., *Ecologie generală*, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1975.
19. TOFLER, AL., *Şocul viitorului*, Editura Politică, Bucureşti, 1975.
20. WALTER, H., *Vegetaţia pământului*, Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1974.
— „Sinteza", 1974—1975.
— „Ocrotirea naturii", 1963—1976.
— Legea nr. 9/1973 privind protecţia mediului înconjurător.
— Legea nr. 2/1976 pentru adoptarea Programului naţional pentru conservarea şi dezvoltarea fondului forestier în perioada 1976—2010.

CUPRINS

PLANTELE — O LUME PLINĂ DE MISTER! . . 5
— Autotrofismul — un pas hotărîtor pentru evoluţia vieţii 7
— Scurtă retrospectivă istorică 11
— Din biologia plantelor 16

PLANTELE VERZI — BAZA VIEŢII (Nutriţia plantelor cu carbon=fotosinteza) 32
— Pe drumul descoperirii fotosintezei 32
— Cum arată „laboratorul" plantei verzi 35
— Clorofila, verigă indispensabilă între Soare şi materia vie de pe Pământ; alţi pigmenţi cu rol în fotosinteză . . 44
— Cloroplastul, o microuzină energetică 48
— Randamentul fotosintezei 54
— Factori care influenţează fotosinteza 57
— Variaţiile ecologice ale fotosintezei 62
— Cultura plantelor fără sol (cultură hidroponică) . . 65

INTERRELAŢIILE DINTRE PLANTELE VERZI ŞI CELELALTE VIEŢUITOARE 70

ROLUL PLANTELOR VERZI ÎN CIRCUITUL MATERIEI ŞI ENERGIEI ÎN NATURĂ 79
— Circuitul biologic al apei 79
— Rolul plantelor în circuitul biologic al carbonului . . 82
— Rolul plantelor în circuitul altor substanţe: azot, oxigen, fosfor, sulf, siliciu 85

IMPORTANŢA ECONOMICĂ ŞI SOCIALĂ A PLANTELOR 89

PLANTELE VERZI — FACTOR NATURAL ANTIPOLUANT. OCROTIREA „AURULUI VERDE", COMPONENTĂ A LUPTEI PENTRU PROTECȚIA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR 103

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ 115

Coli de tipar: 3,75. Tirajul: 14.800 ex.
Bun de tipar: 22.VIII. 1977 Comanda nr. 190

Republica Socialistă România
Tiparul executat la Întreprinderea poligrafică Sibiu

STIINTA PENTRU TOTI

11

Concepută după un plan bine chibzuit, cartea corespunde scopului urmărit de autor, acela de a da cititorului nespecialist în biologie noțiunile de bază privitoare la viața plantelor și la importanța acestora în natură și societate.

Sînt examinate o serie de aspecte: varietatea de structură și funcție a plantelor verzi, diverse modalități de adaptare la mediu; intercondiționarea lor reciprocă, relațiile lor cu mediul fizic, cu regnul animal, cu societatea, procesul detaliat al fotosintezei – bază energetică și plastică a vieții –, ponderea lor în mecanismul complex de menținere a echilibrului ecologic din natură.

Editura științifică și enciclopedică Lei 2,60